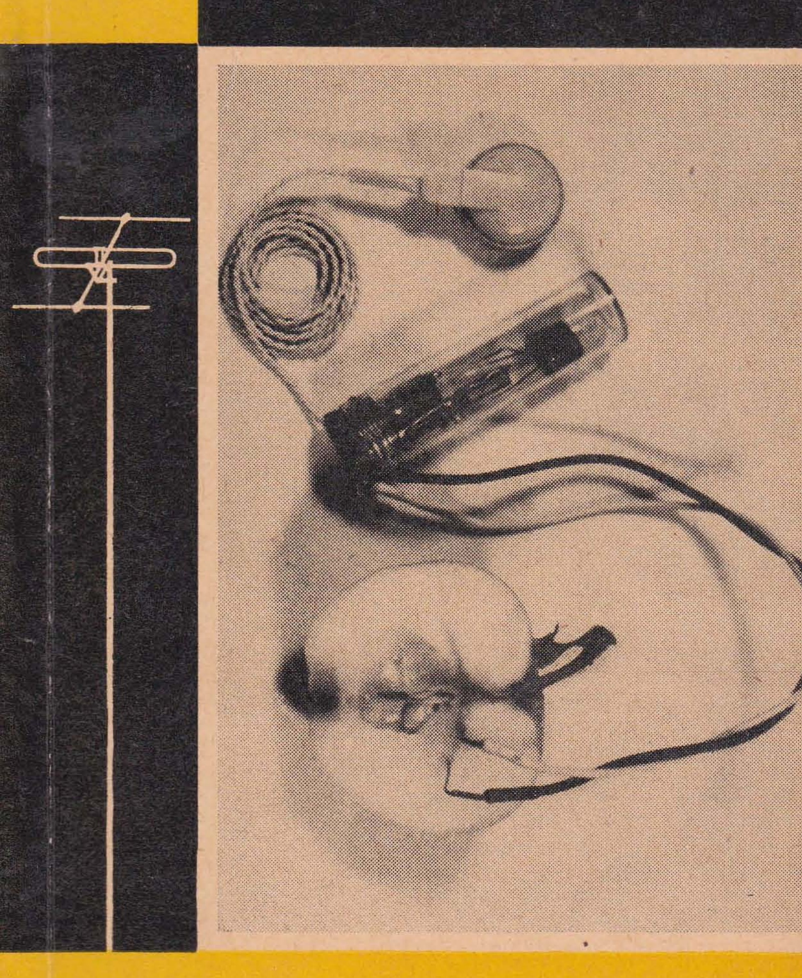
35

DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR



Hagen Jakubaschk

Transistorschaltungen (II)

Der praktische Funkamateur · Band 35

Transistorschaltungen (II)

HAGEN JAKUBASCHK

Transistorschaltungen (II)



DEUTSCHER MILITÄRVERLAG

Redaktionsschluß: 31. Mai 1965

21.–30. Tausend, zweite, ergänzte Auflage
Deutscher Militärverlag · Berlin 1966
Lizenz-Nr. 5
Lektor: Wolfgang Stammler
Zeichnungen: Brigitta Westphal
Fotos: Verfasser
Korrektor: Hans Braitinger
Hersteller: Günter Hennersdorf
Gesamtherstellung: Druckerei Märkische Volksstimme, 15 Potsdam, A 905
1,90

Vorwort zur zweiten Auflage

Der außergewöhnliche Erfolg des Heftes 20 der Reihe „Der praktische Funkamateur" ließ schon bald den Wunsch nach einer Fortsetzung dieser kleinen Schaltungssammlung entstehen. Im vorliegenden zweiten Teil sind wiederum eine Anzahl neuerer, zum größten Teil im Labor des Verfassers entwickelter und gründlich erprobter Schaltungen zusammengestellt. Die Systematik ist der des ersten Teiles ähnlich. Zugunsten der Vielseitigkeit wurde hier auf Varianten von bereits im ersten Teil veröffentlichten Schaltungen und auf inzwischen allgemein bekannte Standardschaltungen verzichtet. So sind beispielsweise Schaltungen für Transistor-Audions im ersten Teil zu finden. Zur Vervollständigung wird mehrfach auf andere Hefte dieser Broschürenreihe verwiesen. Der vorliegende zweite Teil ist jedoch ebenso wie der erste eine thematisch abgeschlossene Broschüre.

Die meisten der hier gezeigten Schaltungen wurden noch mit den Transistortypen der ovalen Bauformreihe OC 810 ··· 821 und 824 ··· 829 aufgebaut, die beim Amateur und Bastler inzwischen zahlreich verwendet werden. Diese Typen können ohne weiteres durch die elektrisch gleichen Typen der Reihe GC 824 ··· 829 ersetzt werden. Häufig sind die sehr preisgünstig angebotenen Transistoren für Bastler- und Lehrzwecke (LA-, LC-Typen) verwendbar.

Meßgeräte für und mit Transistoren werden hier nicht behandelt. Sie sind in der Broschüre „Transistormeßgeräte", Band 40 dieser Reihe, beschrieben.

Der erste Teil und die erste Auflage des vorliegenden zweiten Teils brachten dem Verfasser außergewöhnlich viele Leserzuschriften, die das große Interesse an einer derartigen Schaltungssammlung erkennen ließen. Bei der Zu-

sammenstellung der zweiten Auflage konnten die zahlreichen Anregungen und Hinweise – für die der Verfasser an dieser Stelle dankt – weitgehend berücksichtigt werden. Verlag und Verfasser haben die Hoffnung, daß auch diese ergänzte Auflage wieder zahlreiche Anregungen für Funkamateure, Radioklubs und darüber hinaus allen am Halbleiterbasteln Interessierten bringt und insbesondere die jungen Bastelfreunde der GST für die weitere Beschäftigung mit dieser interessanten Technik im Rahmen der Organisation gewinnen wird.

Brandenburg, im Mai 1965 *Hagen Jakubaschk*

1. Empfänger

Wie einleitend erwähnt, wurden einfache Transistor-Audionschaltungen bereits im ersten Teil (Band 20 dieser Reihe) behandelt. Auch die Beschreibung eines einfachen Transistorsupers ist dort zu finden. Hier werden deshalb nur einige Empfängerschaltungen gezeigt, die die Energie des Ortssenders zur Speisung des Transistors benutzen. Der anschließend beschriebene, weiterentwickelte Transistorsuper wird weitgehend mit den jetzt erhältlichen Kleinbauteilen des „Sternchen"-Empfängers aufgebaut, jedoch ohne Import-Transistoren. Speziell für den Funkamateur folgt ein 80-m-Fuchsjagdkonverter, der die Benutzung normaler unveränderter Taschenempfänger für Fuchsjagden ermöglicht.

1.1. Geradeaus-Reflexempfänger mit drei Transistoren

Die beschriebene wenig materialaufwendige Reflexschaltung eignet sich besonders für einfache Anwendungen; es läßt sich aber auch ein ausreichend empfindlicher Empfänger für Reisezwecke in Kleinstbauweise fertigen. Durch Doppelausnutzung zweier Transistoren erreicht man eine Leistung, die der eines Geradeaus-Empfängers üblicher Schaltungsweise mit fünf Transistoren entspricht. Auf eine Rückkopplung, deren gelegentliche „Tücken" gerade den Anfänger oft vor einer Audionschaltung noch zurückschrekken lassen, wird dabei verzichtet. Bild 1.1. zeigt die Schaltung. Die Transistoren T 1 und T 2 arbeiten in Reflexbetrieb, d. h., sie dienen sowohl der HF-Verstärkung als auch – nach erfolgter Demodulation mit der Diode D 1 – der folgenden NF-Verstärkung. Die Schaltung stellt deshalb einen Geradeaus-Detektorempfänger mit zweistufiger HF- und dreistufiger NF-Verstärkung dar, der auf Grund der

HF-Verstärkung einem guten Transistor-Audionempfänger in der Leistungsfähigkeit kaum nachsteht.

Fast immer wird eine kleine Ferritantenne bereits für den Empfang auch schwächerer Stationen ausreichen. Die Spule der Ferritstabantenne L 1 (60 Windungen mit Mittelanzap-

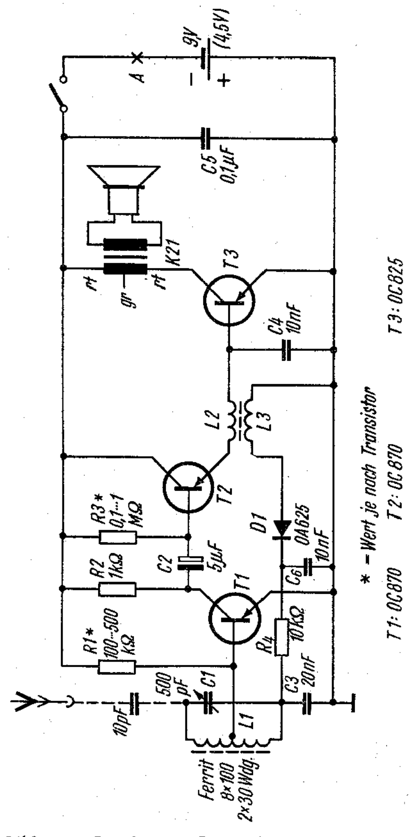


Bild 1.1. Geradeaus-Reflexempfänger mit drei Transistoren. T 1 und T 2 arbeiten in Doppelausnutzung als HF- und NF-Verstärker. Auf Grund des geringen Aufwands an Bauelementen eignet sich die Schaltung besonders für Kleinstempfänger

fung) bildet mit dem 500-pF-Drehkondensator den Abstimmkreis. Für C 1 läßt sich auch vorteilhaft ein kleiner „Sternchen"- oder „Mikki"-Drehko verwenden, dessen beide Statorpakete parallelgeschaltet werden. Da die Kapazität dann noch unter 500 pF liegt, muß L 1 etwas höhere Windungszahl bekommen (je nach Drehkotyp ausprobieren, Anzapfung stets bei der halben Windungszahl). T 1 arbeitet als HF-Verstärker aperiodisch in Emitterschaltung, T 2 als zweite HF-Stufe ebenfalls aperiodisch in Kollektorschaltung. Diese Stufe paßt den nachfolgenden HF-Übertrager L 2/L 3 an, der deshalb relativ unkritisch zu wickeln ist. C 4 bildet für die HF einen Kurzschluß und legt das rechte Ende von L 2 für die HF an Masse. Die verstärkte HF wird über L 3 der Demodulatordiode D 1 zugeführt. Die an C 6 abfallende NF-Spannung gelangt über R 4, L 1 – die Spule kann für die NF als nicht vorhanden angesehen werden – wieder auf die Basis von T 1. Die NF-Spannung wird numehr über T 1 und T 2 zweistufig verstärkt. Für die NF am Emitter von T 2 kann L 2 als Kurzschluß, C 4 als nicht vorhanden angesehen werden, d. h., niederfrequenzmäßig ist der Emitter von T 2 direkt mit der Basis des Endstufentransistors T 3 verbunden. Beide bilden eine „Tandemstufe", wobei T 2 als Anpassung für den Eingangswiderstand von T 3 wirkt. Die Endstufe ist aus Gründen des geringen Aufwands als Eintaktstufe ausgelegt und bringt eine Endleistung von etwa 25 mW auf, was für Kleinstempfänger ausreicht. Über den „Sternchen"-Ausgangsübertrager K 21 – dessen grüner Mittelanschluß frei bleibt – wird der Lautsprecher (beispielsweise der „Sternchen"- oder „Mikki"-Kleinlautsprecher) angepaßt. C 5 überbrückt die Batterie hochfrequenzmäßig, um Verkopplungen über deren Innenwiderstand zu vermeiden, da das zur Selbsterregung führen könnte. Sollte bei sehr gedrängtem Aufbau trotzdem noch eine Selbsterregung auftreten (an pfeifendem oder schnarrendem Geräusch erkennbar), so hilft oftmals ein Umpolen von L 2 oder L 3. Allerdings muß darauf geachtet werden, daß der HF-Übertrager L 2/L 3 nicht auf L 1 koppeln kann. Das vermeidet man dadurch, daß beide Teile in größtmög-

lichem Abstand voneinander angeordnet werden und die Spulenachse von L 2/L 3 senkrecht zur Achse von L 1 gestellt wird. Der HF-Übertrager war beim Mustergerät auf einen kleinen Dreikammer-Miniaturspulenkörper mit Ferritkern (6 mm × 20 mm) gewickelt, wobei L 2 mit 200 Windungen, L 3 mit 70 Windungen bemessen wurde. Um die Verkopplungsgefahr mit L 1 herabzusetzen, kann bei sehr gedrängtem Aufbau eventuell ein kleiner Schalenkern – „Sternchen"-Bandfilterspulenkörper oder ähnliche Bauform – verwendet werden, wobei sich die angegebenen Windungszahlen geringfügig verringern. Die Windungszahlen sind nicht sehr kritisch, jedoch sollte etwa das Verhältnis L 2 : L 3 = 3 : 1 eingehalten werden. Der Drahtdurchmesser (Kupferlack-Volldraht genügt) wird so gewählt, daß sich die notwendige Windungszahl auf dem Körper noch unterbringen läßt. Er ist ebenfalls unkritisch. Für L 1 kann man eventuell auch den Original-„Sternchen"-Ferritantennenstab mit Originalwicklung in Verbindung mit dem „Sternchen"-Drehko verwenden. Die vorhandene Ankoppelwicklung wird dann mit zusätzlichen 20 Windungen Volldraht ergänzt und an Stelle der unteren Wicklungshälfte von L 1 (Bild 1.1.) angeschlossen.

Die Basiswiderstände R 1 und R 3 bestimmen die Transistor-Arbeitspunkte und sind demzufolge exemplarabhängig. R 1 wird auf maximale Verstärkung ausprobiert. Etwas Vorsicht ist bei R 3 geboten, da der entsprechende Transistor den Endstufen-Ruhestrom bestimmt. Bemißt man R 3 zu klein, kommt T 3, eventuell auch T 2 zu Schaden! R 3 wird daher nicht nach Gehör bemessen, sondern man kontrolliert mit einem Milliamperemeter bei A die Batteriestromaufnahme.

Beginnend mit hohen Werten (mindestens 2 MΩ!) verringert man R 3 stufenweise soweit, bis sich bei Punkt A ein Strom von höchstens 10 mA (bei 9 V Batteriespannung) bzw. 15 mA (bei 4,5 V Batteriespannung) einstellt. Mit diesem Wert wird R 3 dann eingesetzt.

Die Batteriespannung kann je nach gewählter Bauform bei 4,5 V oder 9 V liegen, wobei die Empfindlichkeit etwa

gleich ist, die höhere Spannung jedoch etwas größere Lautstärken ermöglicht. Für die Batterie läßt sich jede Form verwenden. Als räumlich kleinste Lösung empfiehlt sich für 9 V die bekannte „Sternchen"-Batterie, für 4,5 V eventuell eine Kombination aus drei 1,5-V-Gnomzellen oder für sehr kleine Geräte (bei allerdings höherem Preis) die wiederaufladbaren Knopf-Akkuzellen je 1,2 V/50 mAh oder 250 mAh des VEB Grubenlampenwerk Zwickau. Der 50-mAh-Typ ist nur etwa pfenniggroß. Hiervon wären dann vier bzw. acht Stück in Serie zu schalten. Allerdings ergeben sich damit nur drei bis fünf (beim 50-mAh-Typ) bzw. fünfzehn bis zwanzig Betriebsstunden (beim 250-mAh-Typ) je Batterieladung.

Die Transistoren T 1 und T 2 müssen HF-Typen sein, außer dem OC 870 bzw. GC 100 kommen die LA-30- und LF-Typen (Bastlertypen) in Betracht. Für T 3 ist jeder NF-Typ der Leistungsklasse 100 bis 150 mW (auch LA 100, LC 824) gut geeignet.

Für Fernempfang (der allerdings auf Grund geringer Trennschärfe wenig Sinn hat) kann eventuell an L 1 über 10 pF eine kleine Außenantenne (1 m loser Draht genügt) angeschlossen werden, notwendig ist das aber nicht. Der Einfachheit halber wurde auf einen besonderen Lautstärkeregler verzichtet. Ein zu laut einfallender Sender wird durch Schwenken des ganzen Geräts auf Minimumstellung der Ferritantenne bedarfsweise geschwächt. Das Gerät kommt dadurch mit nur einem Bedienungsknopf (C 1) aus. Wer eine zusätzliche Lautstärkeregelung vorsehen will, kann zu diesem Zweck R 2 regelbar machen. Für R 2 setzt man dann ein Knopfpotentiometer mit 1 bis höchstens 2,5 kΩ ein – größter Widerstand bedeutet größte Lautstärke. Es läßt sich auch ein 5-kΩ-Schalterpotentiometer (etwa der bekannte „Sternchen"-Lautstärkeregler) verwenden, wenn diesem ein 5-kΩ-Festwiderstand parallelgelegt wird. Der Schalter des Reglers kann dann als Batterieeinschalter dienen. Wenn R 2 regelbar ist, muß man beim Abgleich von R 1 und R 3 unbedingt darauf achten, daß

R 2 bis zur endgültigen Bemessung der Basiswiderstände auf maximalem Wert steht!
Trotzdem sollte man nach Festlegung von R 1 kontrollieren, ob sich durch Verringern des Lautstärkereglers bei R 2 bis zum Wert Null der Batteriestrom um nicht mehr als 1 bis 2 mA erhöht. Ist die Stromzunahme größer, so hat R 1 einen zu geringen Wert. Interessehalber sei erwähnt, daß die gezeigte Schaltungstechnik im Prinzip insbesondere in der Kleinstempfängerindustrie der UdSSR und Japans angewendet wird.

1.2. Batterielose Empfänger mit Transistorspeisung aus der Ortssender-Energie

Einfache Transistorgeräte zum Empfang des Ortssenders werden meist als Detektorschaltung mit NF-Verstärkerstufe oder auch als Transistor-Audion aufgebaut. Zur Stromversorgung des Transistors dient dann meist eine kleine Batterie. Da der Transistor zum Betrieb nur wenig Strom benötigt, liegt der Gedanke nahe, im Nahfeld eines Senders die von der Antenne aufgenommene Energie gleichzurichten und zur Speisung des Transistors zu benutzen, wodurch eine zusätzliche Stromquelle entfällt.
Von solchen Schaltungen kann keine Wunderwirkung erwartet werden, ein Lautsprecherempfang wird sich in dieser Art praktisch nie verwirklichen lassen. Immerhin bringen die gezeigten Schaltungen doch bedeutend bessere Ergebnisse als vergleichbare Detektorschaltungen, die im Aufwand auch nicht viel geringer sind. Darüber hinaus ist das Prinzip an sich deshalb interessant, weil es ein Beispiel für die spezifischen und mitunter originellen Schaltungslösungen der Halbleitertechnik bildet.
Vorweggenommen sei, daß Ferritstab-, Zimmer- und ähnliche Behelfsantennen bei diesen Schaltungen ausscheiden, weil ihre Leistungsaufnahme bzw. die in Abhängigkeit von der effektiven Höhe induzierte Spannung zu gering sind. Bild 1.2. zeigt eine einfache Schaltung dieser Art. Sie wurde – wie auch die Schaltungen nach Bild 1.3., 1.4. und

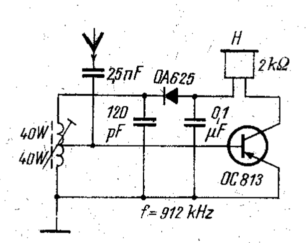


Bild 1.2.
Einfache Detektorschaltung mit Transistor. Die Betriebsspannung für den Transistor wird aus der Antennenenergie gewonnen

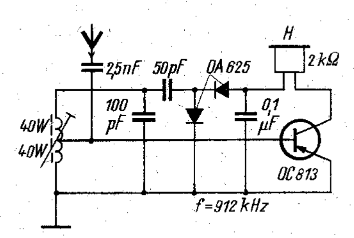


Bild 1.3.
Durch Spannungsverdopplung läßt sich eine höhere Betriebsspannung für den Transistor erreichen

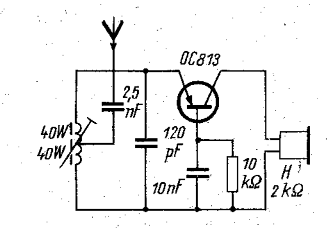


Bild 1.4.
Einfachste Schaltung für einen Transistor-Detektor mit „Eigenspeisung". Der Transistor arbeitet als Demodulator, als Gleichrichter für die Erzeugung der Speisespannung und als NF-Verstärker

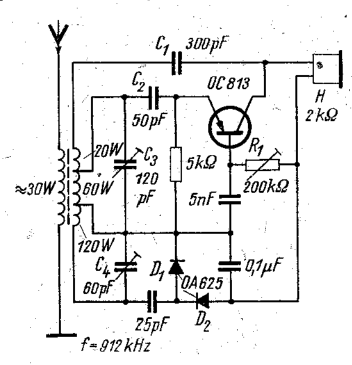


Bild 1.5.
Durch Verwendung getrennter Schwingkreise und einer Spannungsverdopplerschaltung gelingt es, ein normal aufgebautes Transistor-Audion aus der Senderenergie zu betreiben. Das vom Ortssender gespeiste Audion kann dann auch den Empfang anderer Sender ermöglichen

1.5. – für eine Frequenz des Ortssenders von 912 kHz dimensioniert, da ein entsprechender Sender für die Erprobung am Wohnort des Verfassers zur Verfügung stand. Für andere Sendefrequenzen wird der Schwingkreiskondensator (100 bzw. 120 pF nach Bild 1.2. bis 1.4., C 3 und C 4 nach Bild 1.5.) entsprechend geändert. Der Transistor OC 813 (auch OC 870, 871, 872) erfüllt in diesem Fall gleichzeitig die Funktion des Demodulators und des NF-Nachverstärkers. Die Germaniumdiode OA 625 sei zunächst nicht vorhanden. Die Schaltung entspricht dann (bis auf die fehlende Batterie) einem normalen Detektorempfänger.
Die Kollektorspannung für den Transistor wird durch Gleichrichtung der Resonanzspannung am Schwingkreis mit der Diode OA 625 gewonnen. Um eine hinreichend hohe Spannung zu erhalten, muß die Diode an das „heiße" Ende des Schwingkreises, nicht an die Anzapfung angeschlossen werden. Die leichte Bedämpfung des Schwingkreises wird dabei in Kauf genommen. Die Größe des Ladekondensators (im Beispiel 0,1 μF) findet man durch Einstellung auf beste Lautstärke, da sich unter Umständen zwei Effekte überschneiden können: Der Speisekreis mit Diode und Kopfhörer wirkt ebenfalls als Detektorkreis, seine NF-Spannung liegt gleichphasig mit der vom Transistor abgegebenen. Mit dem Ladekondensator läßt sich daher ein Kompromißwert zwischen Speisespannung für den Transistor und „Restwelligkeit" dieser Spannung finden. Analog Bild 1.2. wird nur die Hälfte der Senderenergie genutzt, da die Diode nur eine Halbwelle gleichrichtet. Nach Bild 1.3. lassen sich aber beide Halbwellen ausnutzen, außerdem wenden wir eine Spannungsverdopplung („Delon-Schaltung") an. Damit läßt sich bereits ein ganz beachtlicher Lautstärkegewinn erreichen. Kritisch ist jedoch der 50-pF-Ankoppelkondensator. Sein Wert beeinflußt die am Ladekondensator 0,1 μF entstehende Spannung, andererseits bedämpfen die Dioden den Schwingkreis um so mehr, je größer der Kondensator ist. Eventuell kann hierfür ein kleiner, nach Gehör einzustellender Trimmer benutzt werden. Es ist dann wechselseitig mit der Abstim-

mung (Spulenkern) abzugleichen, da seine Kapazität auch in den Schwingkreis eingeht.
Der Transistor wird in beiden Schaltungen stromarm im Bereich des Kollektorreststromes betrieben, weil die Basis keine Vorspannung bekommt. Trotzdem bleiben die theoretisch zu erwartenden Verzerrungen durchaus in vertretbaren Grenzen.
Eine ungewöhnliche Schaltung, die an Einfachheit kaum noch zu unterbieten ist, zeigt Bild 1.4. In diesem Fall übernimmt es der Transistor außer den bisherigen Funktionen auch noch, seine eigene Speisespannung bereitzustellen. Der in der Basisleitung liegende Kondensator wird über die Diodenstrecke Basis-Emitter mit Plus an der Basis aufgeladen. Obwohl diese Schaltung der Theorie zu widersprechen scheint, ergibt sie immer noch eine merklich größere Lautstärke als ein normaler Detektorempfänger mit Germaniumdiode unter sonst gleichen Verhältnissen. Etwas kritisch ist der 10-kΩ-Basiswiderstand, der nach Gehör bemessen wird.
In den Schaltungen nach Bild 1.2. bis 1.4. bedämpft der Gleichrichter den Schwingkreis relativ stark, so daß sich keine allzu hohe Resonanzspannung ergibt. Es ist daher günstiger, für Demodulation und Betriebsspannungserzeugung getrennte Schwingkreise mit geeignet gewählten L/C-Verhältnissen vorzusehen. Im Nahfeld stärkerer Sender kann die Betriebsspannung sogar schon zum Betrieb eines Audions ausreichen. Eine solche Schaltung zeigt Bild 1.5. Der verwendete HF-Transistor soll nicht zu geringe Stromverstärkung haben. Die Spule ist eine Topfkernspule üblicher Art, der obere Schwingkreis mit C 3 gehört zur Audionschaltung. Die Lage der Anzapfung (bei etwa 20 Wdg.) und die genaue Größe des Rückkopplungskondensators C 1 müssen je nach Transistor-Exemplar ausprobiert werden. Mit R 1 wird der Rückkopplungseinsatz fein eingestellt. Zweckmäßig werden für diese Vorversuche zunächst D 1 und D 2 entfernt; statt dessen schließt man eine kleine 1,5-V-Monozelle an. Der Speisestrom-Schwingkreis mit C 4 arbeitet so, wie bei Bild 1.3. erläutert. Wenn

es gelingt, für alle genannten Faktoren die optimalen Werte zu finden, können C 3 und R 1 sogar durchstimmbar ausgeführt werden, und es ist dann möglich, mit dem Audion auch andere, schwächere Sender zu empfangen, ohne daß der Ortssender störend „durchschlägt"! Beim Mustergerät gelang das allerdings nur im stationären Betrieb bei konstanten Verhältnissen; gute Hochantennen werden jedoch dafür ausreichen. Immerhin ist das Gerät nach Bild 1.5. dann praktisch ein vollwertiger Audionempfänger für die gesamte Mittelwelle. Im übrigen sei an eine zu Unrecht fast vergessene Antennenform erinnert, die sich gerade bei der Erprobung dieser Schaltungen bestens bewährte: die Bodenantenne. Hierzu werden im Freien einfach zwei normale Drähte von je 20 m bis 25 m Länge auf dem Erdboden in entgegengesetzter Richtung ausgelegt. Die Enden laufen beim Empfänger zusammen und bilden „Antenne" und „Erde". Die günstigste Himmelsrichtung dieses überdimensionalen „Dipols" ist von Fall zu Fall auszuprobieren. Eine solche Bodenantenne brachte im Freien stets bessere Ergebnisse als Wurfantennen, zwischen Bäumen improvisierte Hochantennen und ähnliche Unterwegs-Behelfe. Selbst das Audion nach Bild 1.5. konnte damit in einem reichlich 20 km vom 5-kW-Ortssender entfernten bewaldeten Talkessel mit etwas Geduld noch zum Schwingen gebracht werden, während ein handelsüblicher Detektorempfänger dort gerade die Andeutung eines Empfangs brachte. Ein Beweis dafür, wieviel Energie gerade in einfachen Detektorschaltungen noch „verschenkt" wird. Im übrigen hängt das Ergebnis natürlich weitestgehend von den örtlich gegebenen Verhältnissen ab.

Kurz erwähnt sei nur noch, daß die Schaltungen nach Bild 1.2. bis 1.5. nicht gegen die einschlägigen postalischen Bestimmungen verstoßen, da diese lediglich die Verwendung der vom Sender ausgestrahlten Energie zu anderen als Empfangszwecken untersagen. Ein Verstoß wäre es beispielsweise, wenn nach diesem Speisungsprinzip etwa der Demonstrations-Transistorsummer nach Abschnitt 6.2. betrieben würde.

1.3. Transistorsuper für Mittelwelle mit sechs Transistoren

Im Teil I wurde bereits der Selbstbau eines Transistorsupers ohne Verwendung von Spezialteilen beschrieben. Die Anfertigung der Spulen und Filter ist jedoch nicht jedermanns Sache, außerdem war es für den weniger Geübten nicht immer ganz einfach, mit den seinerzeit verfügbaren Transistoren brauchbare HF-Leistungsfähigkeit zu erreichen. Im folgenden wird daher eine neue Schaltung beschrieben, die unter Verwendung der HF-Transistoren OC 872 und OC 871 sowie der ebenfalls ausreichend im Handel befindlichen Bauteile des bekannten Taschenempfängers „Sternchen" den Aufbau eines leistungsfähigeren Supers ermöglicht. Da das „Sternchen" mit Import-HF-Transistoren bestückt ist, die selten einzeln erhältlich sind, mußten die selbstschwingende Mischstufe und der ZF-Verstärker der Schaltung etwas anders dimensioniert werden. Die Dimensionierung des letzteren geht dabei auf eine Veröffentlichung von W. Stoeckel, IHT Teltow („radio und fernsehen", Heft 3/1962), zurück. Die Endstufe entspricht praktisch der des „Sternchen", kann natürlich auch nach Belieben anders, zum Beispiel mit einem kräftigen Transistor-NF-Verstärker etwa nach Abschnitt 2.5., aufgebaut werden. Erwähnt sei jedoch, daß sich dieser wie auch jeder andere Transistorsuper (obwohl wesentlich unkritischer aufzubauen als der in Heft 20 beschriebene) nicht als Erstlingswerk für den Bastelanfänger eignet. Einige Erfahrungen im Umgang mit Transistoren sowie Grundkenntnisse über Aufbau und Abgleich eines Supers müssen naturgemäß vorausgesetzt werden.

Bild 1.6.a zeigt die Schaltung des HF- und ZF-Teiles des Transistorsupers, Bild 1.6.b die Schaltung von NF-Verstärker und Endstufe. Die Mischstufe ist selbstschwingend, sie arbeitet für die Empfangsfrequenz in Emitterschaltung, für die Oszillatorfrequenz in Basisschaltung. Das erfordert einen Transistor mit einer Grenzfrequenz um 7 MHz, andere Typen als der OC 872 und äquivalente Importtypen

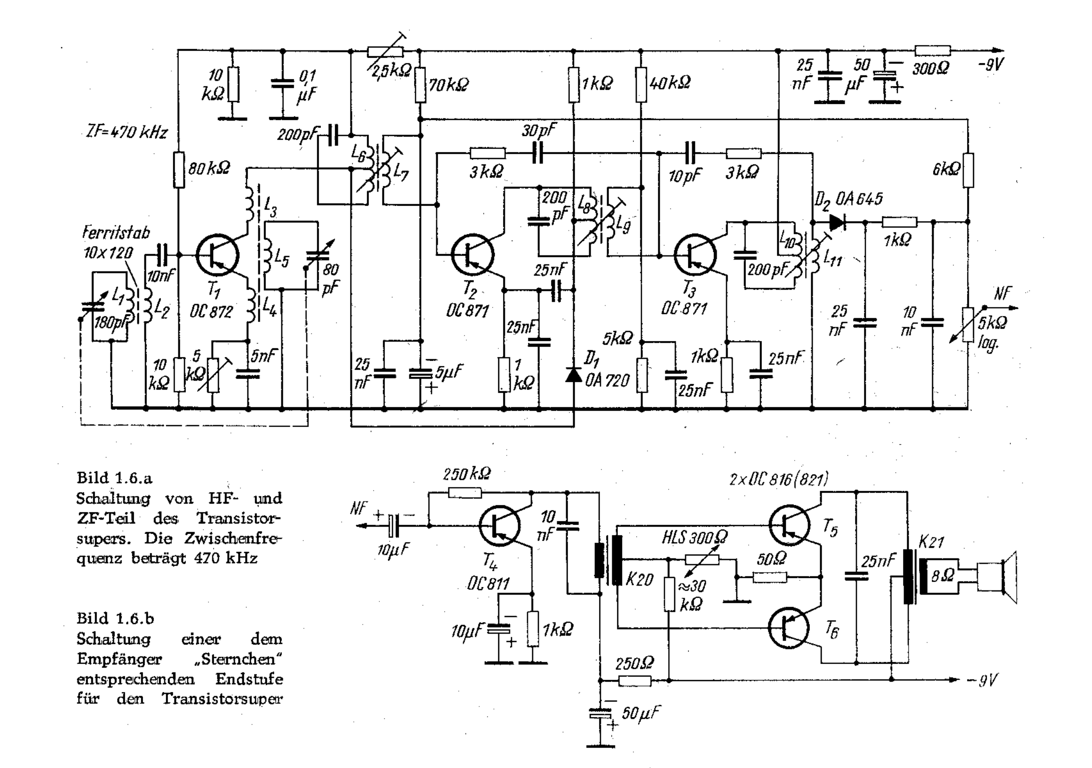


Bild 1.6.a
Schaltung von HF- und ZF-Teil des Transistorsupers. Die Zwischenfrequenz beträgt 470 kHz

Bild 1.6.b
Schaltung einer dem Empfänger „Sternchen" entsprechenden Endstufe für den Transistorsuper

sind nicht zu verwenden. Vorkreis mit L 1 und Ankoppelspule L 2 werden auf einen Ferritstab 10 mm × 120 mm gewickelt, L 1 mit 85 Wdg. HF-Litze, L 2 mit 7 bis 10 Wdg. 0,2-CuL, wobei die genaue Windungszahl zweckmäßig durch Versuch zu ermitteln ist. L 2 bringt man direkt über dem masseseitigen Ende von L 1 auf. L 1 wird auf dem Ferritstab stramm verschiebbar angeordnet, um den üblichen Vorkreisabgleich zu ermöglichen. Eventuell kann die fertig bewickelt erhältliche „Sternchen"-Ferritantenne benutzt werden, deren Koppelwicklung L 2 man notfalls etwas ändert.
Der Vorkreis- und der Oszillatordrehko (Oszillatorschwingkreis mit L 5) sind kombiniert, bei den Drehkos liegen die üblichen, in der Schaltung nicht eingezeichneten Trimmer parallel. Als Drehko eignet sich jede Ausführung mit den angegebenen Werten, am zweckmäßigsten der Original-„Sternchen"-Drehko, der die Abgleich-Paralleltrimmer mit enthält. Zur Funktion der Mischstufe ist nichts Besonderes zu sagen. Mit dem 5-kΩ-Emitter-Regelwiderstand an L 4 wird die Mischstufe auf günstigste Schwingverhältnisse (möglichst gleichbleibendes Mischverhältnis über den ganzen Durchstimmbereich) eingestellt. Der 2,5-kΩ-Regler in der Speiseleitung zur Mischstufe bestimmt neben einer Veränderung des Arbeitspunkts des Mischtransistors den Einsatz der Regelung (Einsatzpunkt für die Dämpfungsdiode D 1). Beide Regler sind wechselseitig einzustellen, dieser Reglerabgleich ist mit dem 5-kΩ-Emitterregler zu beenden, sobald für den 2,5-kΩ-Regler die günstigste Stellung gefunden wurde. Die Diode D 1 soll etwa dann öffnen, wenn der Kollektorstrom von T 2 bei einer entsprechend hohen HF-Spannung bis auf 0,2 bis 0,5 mA herabgeregelt ist. Näheres zur Art der Schwundregelung wird noch ausgeführt.
Die Oszillatorspule L 3/L 4/L 5 fertigen wir selbst an. Benutzt wird ein normaler Stiefelspulenkern 8 mm × 30 mm, dem jedoch zwei HF-Kerne eingedreht werden. L 5 bekommt 140 Wdg. HF-Litze (CuLS 3 × 0,07) in Lagenwicklung (3 Lagen). Über das Masseende von L 5 wird L 4 mit

zunächst 3 Wdg. 0,1-CuL gewickelt. Diese Windungszahl kann sich in seltenen Fällen – falls der Oszillator entweder nicht anschwingt oder unstabil arbeitet – etwas ändern. Mit 2 mm Abstand vom kalten Ende von L 5 wird L 3, mit etwa 20 Wdg. 0,1-CuL eng gewickelt, aufgebracht. Die Windungszahl beeinflußt das Rückkopplungsverhältnis und kann, falls der Oszillator auch nach Umpolen von L 3 nicht anschwingen will, etwas geändert werden, soll aber nicht größer sein, als zum sicheren Anschwingen über den ganzen Frequenzbereich erforderlich ist.

Für die Bandfilter L 6/L 7, L 8/L 9 und L 10/L 11 werden die Original-„Sternchen"-Bandfilter benutzt. Zu beachten ist jedoch, daß für alle drei Filter die Originalausführung „Bandfilter I" (Farbkennzeichnung: roter Punkt) des „Sternchen" in Frage kommt, da die „Sternchen"-Filter nicht identisch sind und für die Transistoren OC 871 nicht ohne weiteres passen würden. Die 1. ZF-Bandfilter des „Sternchen" haben jedoch gerade die dafür richtigen Werte, lediglich die Wicklung L 11 (sie hat im Original 10 Wdg.) muß auf 25 Wdg. erhöht werden, was durch vorsichtiges Öffnen und Aufbringen der zusätzlichen 15 Wdg. 0,1-CuL-Draht verhältnismäßig leicht möglich ist. Wer die Bandfilter auf Original-„Sternchen"-Filterspulenkörpern selbst wickeln will, benutzt für alle Wicklungen 0,1-CuL-Draht. Es erhalten dann L 6 : 140 Wdg. mit Anzapfung bei der 45. Wdg. von Minus, L 7 : 10 Wdg., L 8 wie L 6, L 9 wie L 7, L 10 wie L 6, L 11 : 25 Wdg. Für die ZF-Transistoren T 2 und T 3 kann ohne weiteres auch der OC 872 benutzt werden, lediglich die Werte der Neutralisationszweige 3 kΩ/30 pF bzw. 3 kΩ/10 pF können sich dann etwas ändern. Diese Werte muß man ebenfalls ändern, wenn in Ausnahmefällen Selbsterregung im ZF-Verstärker auftreten sollte. Sie ist daran zu erkennen, daß bei stillgelegter Mischstufe oder Kurzschluß von L 1 am Lautstärkeregler 5 kΩ bereits eine Richtspannung von mehreren Volt auftritt. Die Demodulation erfolgt mit D 2; diese Diode stellt gleichzeitig die Regelspannung für die 1. ZF-Stufe bereit.

Für diese bildet der 5-kΩ-Lautstärkeregler einen Teil des Basisspannungsteilers, gleichzeitig ist er Arbeitswiderstand für D 2. Die 2. ZF-Stufe und die Mischstufe werden nicht geregelt. Um Übersteuerungen des ZF-Verstärkers auch bei stärkeren Sendern zu vermeiden, wurde eine weitere Regelung vorgesehen, die durch Bedämpfung des 1. Bandfilters L 6 mittels der Diode D 1 wirkt. An D 1 liegt normalerweise in Sperrichtung eine Vorspannung, da die Kollektorspannung von T 2 niedriger ist als die von T 1 (die dazu mit dem 2,5-kΩ-Trimmregler in gewissen Grenzen geändert werden kann). Bei ansteigender Feldstärke wird T 2 durch die von der Diode D 2 erzeugte positive Richtspannung allmählich zugeregelt, so daß seine Kollektorspannung ansteigt. Übersteigt sie die Kollektorspannung von T 1, dann öffnet die Diode D 1, und ihr jetzt geringer dynamischer Widerstand liegt wechselstrommäßig parallel zur oberen Teilwicklung von L 6, so daß dieser Kreis stark bedämpft wird. Durch die beschriebene Einstellung des 2,5-kΩ-Reglers kann man ein Öffnen von D 1 gerade dann erreichen, wenn T 2 so weit zugeregelt ist, daß diese Regelung allein bei weiterem Ansteigen der HF-Spannung nicht mehr ausreichen würde. Gleichzeitig ergibt die Bedämpfung von L 6 durch D 1 bei starken Sendern (Ortsempfang) eine dann durchaus erwünschte leichte Vergrößerung der Bandbreite.

Zum Abgleich des Supers ist wenig zu sagen, da er sich im Prinzip nicht vom Abgleich eines normalen Supers unterscheidet. Eventuell kann man sich die nötige geringe Übung durch Abgleichübungen an industriellen Transistorsupern erwerben. Im übrigen ist der Abgleich ohne weiteres auch nach dem jedem „Sternchen"-Empfänger beigegebenen Abgleichplan möglich. Gegebenenfalls leiht man sich den Abgleichplan in einer Werkstatt aus. Bis auf die geringfügig abweichende Zwischenfrequenz (hier 470 kHz) entspricht der Abgleichvorgang genau dem des „Sternchen". Etwas Vorsicht ist lediglich bei etwa auftretender ZF-Selbsterregung geboten (Röhrenvoltmeter oder hochohmigen Vielfachmesser parallel zum Lautstärkeregler belassen!),

da es dann sehr leicht zu Beschädigungen der Transistoren und eventuell auch der Diode D 2 kommen kann.

Zu der NF-Verstärkung (Bild 1.6. b) ist wenig zu sagen. Die gezeigte Schaltung entspricht der des „Sternchen" und benutzt dessen NF-Übertrager K 20 (Treibertrafo) und K 21 (Ausgangstrafo). Der Kompensations-Heißleiter HLS 300 (Hersteller: Keramische Werke Hermsdorf VEB) kann notfalls durch einen Festwiderstand gleichen Ohmwerts (300 Ω) ersetzt werden. Mit dem 30-kΩ-Basisspannungsteiler-Widerstand wird der Kollektor-Ruhestrom der beiden Endtransistoren T 5 und T 6 auf je 0,5 mA (bei zugedrehtem Lautstärkeregler) eingestellt, der angegebene Wert ist also nur Richtwert. Für T 5 und T 6 können zur Erreichung einer höheren Endleistung auch die Transistortypen OC 821 benutzt werden, deren Kollektor-Ruhestrom man zweckmäßig auf je etwa 0,8 bis 1 mA einstellt. Für T 4 verwendet man dann einen OC 816, für die Übertrager die Typen K 30 (Treibertrafo) und K 31 (Ausgangstrafo) jedoch können – um den Preis einer etwas geringeren Leistungsausbeute, die allerdings immer noch höher als bei einer OC-816-Endstufe ist – auch die Trafos K 20 und K 21 beibehalten werden sowie bei T 4 der OC 811. Die Endstufentransistoren sollten möglichst gepaart sein (der OC 821 wird als Pärchen „2 × OC 821" geliefert), wenn man auf geringe Verzerrungen Wert legt. Übrigens kann bei Verwendung von 2 × OC 821 in Verbindung mit dem K 21 eine etwas günstigere Anpassung erreicht werden, wenn an Stelle des vorgesehenen 8-Ω-Lautsprechers einer mit etwa 6 Ω Impedanz angeschlossen wird.

Besondere Hinweise für den Aufbau sind nicht erforderlich, wenn man etwa die Teileanordnung wählt, die das „Sternchen" oder ähnliche Empfänger aufweisen. Auch jede andere Anordnung ist möglich, wobei man insbesondere beim HF- und ZF-Teil auf kürzestmögliche Leitungsführung achten muß. Bei sehr kompakter Bauweise sollte jedoch der ZF-Verstärker allseitig mit etwas isolierter Metallfolie oder ähnlichem Material abgeschirmt werden, um Verkopplungen zu vermeiden.

Als Batterie eignet sich die bekannte 9-V-„Sternchen"-Batterie, jedoch sind größere Batterien (etwa sechs Stück Gnomzellen 1,5 V oder zwei Stück 4,5-V-Flachbatterien) betriebsmäßig bedeutend günstiger.

1.4. 80-m-Fuchsjagdkonverter als Zusatzgerät zu üblichen Mittelwellen-Taschenempfängern

Fuchsjagden erfreuen sich in Amateurkreisen ständig zunehmender Beliebtheit. Die an einen Fuchsjagdempfänger zu stellenden Anforderungen hinsichtlich Gewicht, Betriebseigenschaften usw. führen ganz zwangsläufig zur Anwendung von Transistoren. Es ist deshalb naheliegend, einen vorhandenen Transistorsuper industrieller Herkunft (etwa vom Typ „Sternchen", „T 100" usw.) für Fuchsjagden zu verwenden. Inzwischen wurden auch mehrere Schaltungsvorschläge in der Amateurliteratur bekannt, die aber alle einen mehr oder weniger erheblichen Eingriff in den vorhandenen Empfänger erforderten. Das ist aber nicht immer erwünscht und macht außerdem den Empfänger zumindest vorübergehend für seinen eigentlichen Bestimmungszweck untauglich. Die Nachteile dieses Verfahrens halten daher viele Amateure vom Eingriff in ihren Transistorsuper ab. Der beschriebene Fuchsjagdkonverter arbeitet mit zwei HF-Transistoren und erfordert keinerlei direkte Verbindung mit dem eigentlichen Empfänger. Er wird aber zu einem vollwertigen und außerordentlich leistungsfähigen 80-m-Empfänger, dessen Verwendbarkeit dann keineswegs nur auf Fuchsjagden begrenzt ist. Der Konverter kann ganz allgemein zum 80-m-Band-Empfang dienen, so daß der Funkamateur auch außerhalb der Station zumindest das 80-m-Band stets „bei sich hat". Der Konverter wird zweckmäßig in seinen äußeren Maßen passend zu dem vorhandenen Empfänger aufgebaut. Er setzt die Empfangsfrequenz (3,5 bis 3,8 MHz) auf eine im Mittelwellenbereich liegende Frequenz zwischen 600 bis 900 kHz um, die man im Betrieb so legt, daß sie in eine am jeweiligen Empfangsort

vorhandene „Lücke" im Mittelwellen-Senderangebot fällt. Derartige schmale Frequenzlücken sind am langwelligen Ende des MW-Bandes stets vorhanden. Die dort vom Konverter übernommene Frequenz wird dann normal weiterverarbeitet, so daß die Vorteile des Supers auch auf dem 80-m-Band erhalten bleiben. Im Prinzip handelt es sich um eine Doppelüberlagerung, wobei die Übertragung der 1. ZF vom Konverter induktiv auf die Ferritantenne des Empfängers erfolgt. Eine Verbindung beider ist also ebenso unnötig wie ein Eingriff in den Empfänger.
Bild 1.7. zeigt die Schaltung dieses Konverters. Als Peilantennen werden in üblicher Weise eine Ferrit-Stabantenne und für die Seitenbestimmung eine normale Stabantenne benutzt. Dieser Komplex, dessen Aufbau und Funktion für Fuchsjagdempfänger entscheidend sind, weist gegenüber üblichen Fuchsjagdempfängerkonstruktionen keinerlei Unterschied auf. Aus Platzgründen kann aber darauf nicht näher eingegangen werden; es sei darum auf die Broschüre von Ehrenfried Scheller, „Fuchsjagd-Peilempfänger / Fuchsjagd-Sender" (Band 7 der gleichen Broschürenreihe) verwiesen, wo über die Ausbildung des Antennenkomplexes alle Einzelheiten zu finden sind. Beim Mustergerät des beschriebenen Konverters wurde die Ferritantenne aufsteckbar ausgeführt (vierpoliger Stecksockel), wobei aber wegen der sehr niederohmigen Auskopplung (L 2 in Bild 1.7.) auf sicheren Kontakt zu achten ist.
Um sichere Peilungen auch im Sender-Nahfeld zu ermöglichen, muß die HF-Empfindlichkeit regelbar sein. Der Konverter enthält eine HF-Vorstufe mit T 1, die in Basisschaltung arbeitet. Mit P 2 wird der Arbeitspunkt für T 1 einmalig eingestellt (Kollektorstrom für T 1 etwa 1 mA). Die Basisschaltung zeichnet sich durch niedrigen Eingangs- und hohen Ausgangswiderstand aus. Das hat in diesem Fall trotz der etwas ungünstigen daraus resultierenden Kopplungsverhältnisse für L 1 / L 2 und L 3 / L 4 den Vorteil einer relativ geringen Bedämpfung des Eingangskreises und des Zwischenkreises mit L 3, ohne daß L 3 angezapft werden muß. Beide Kreise werden fest auf 3,65 MHz

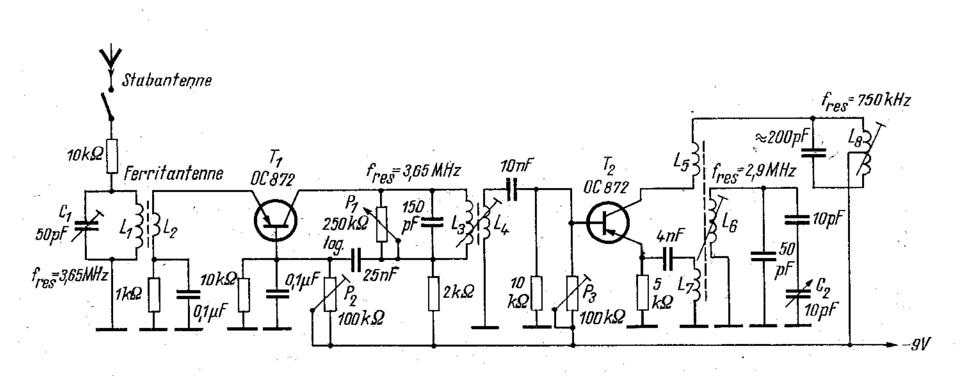


Bild 1.7. Schaltung des 80-m-Fuchsjagdkonverters. Die Ankopplung an normale Mittelwellen-Taschenempfänger erfolgt induktiv von der Spule L 8 auf die Ferritantenne des Empfängers, in dessen Schaltung nicht eingegriffen wird

abgestimmt, der Eingangskreis mit C 1 und der Zwischenkreis L 3 mit Spulenkern. Ein Nachstimmen auf die jeweilige Senderfrequenz ist auf Grund der großen vorhandenen HF-Reserven und der vom nachfolgenden Empfänger aufgebrachten Trennschärfe nicht nötig, zumal diese beiden Kreise ausreichend breitbandig sind. Die Empfindlichkeitsregelung geschieht in einfacher Weise durch variable Bedämpfung der Kreise L 3 und – in geringem Maße über die Rückwirkung des Transistors – L 1 mit dem Regler P 1. Dieses Verfahren hat zwar den Nachteil, daß eine der Reglerzuleitungen „heiß" ist (beim Aufbau zu beachten!), bleibt aber gegenüber einer regelbaren Diodendämpfung (ähnlich wie nach Bild 1.6. a durch Diode D 1) weitaus einfacher. Eine Regelung des Transistors T 1 selbst würde dagegen erstens nicht ausreichen und zweitens zu untragbaren Verstimmungen des Zwischenkreises führen.
L 4 koppelt die Empfangsfrequenz in die selbstschwingende Mischstufe ein, deren Schaltungstechnik der üblicher Mischstufen in Transistorsupern (vgl. Bild 1.6. a) ähnlich ist. Insgesamt kann man sie unkritischer aufbauen als eine übliche Mittelwellen-Oszillatorstufe, da der Oszillator nur über einen weit geringeren Frequenzbereich durchgestimmt wird. Trotz der für den OC 872 in Emitterschaltung bereits recht hohen Oszillatorfrequenz von 2,9 MHz (die Oszillatorfrequenz liegt deshalb abweichend von üblichen Supern unter der Empfangsfrequenz) gelingt es daher relativ leicht, den Oszillator sicher zum Arbeiten zu bringen. Sein Arbeitspunkt wird mit P 3 einmalig auf günstigste Schwingverhältnisse eingestellt (konstante Schwingamplitude bei bestem Mischverhältnis, meist bei einem Kollektorstrom von 1 bis 2 mA), die Frequenz ist mit dem Feinabstimm-Drehko C 2 um etwa ± 100 kHz veränderbar. C 2 stellt daher neben dem Empfindlichkeitsregler P 1 den einzigen von außen bedienbaren Bauteil des Konverters dar. Die in der Mischstufe gebildete 1. ZF wird L 8 zugeführt und liegt je nach örtlicher Empfangslage bei etwa 750 kHz. Auf diese Frequenz stellt man den Auskoppelkreis L 8 fest ein. Die Spule ordnet man im Konverter so an, daß sie sich

(wenn der Konverter in der vorgesehenen Weise, z. B. „Rükken an Rücken" mit dem Empfänger, zusammengesetzt wird) in unmittelbarer Nähe der Ferritantenne des Empfängers und achsenparallel zu dieser befindet. Ihr magnetisches Streufeld nimmt dann der Empfänger-Ferritstab auf. Es sei schon jetzt erwähnt, daß bei Empfängern ohne Ferritantenne auch eine direkte Kopplung über einen Kondensator von wenigen 10 pF zwischen Verbindungspunkten L 5 / L 8 und Empfänger-Antennenbuchse möglich ist. Es erwies sich bei der Erprobung dieser Schaltung nicht als erforderlich, L 8 auf die jeweilige 1. ZF nachzustimmen, obwohl diese unter Umständen beträchtlich neben der Resonanzfrequenz von L 8 liegen kann. Die HF-Energie reichte trotzdem bei weitem aus. Ohne weiteres kann an Stelle des 200-pF-Festkondensators ein Drehko benutzt werden, wofür sich dann ein Hartpapier-Quetscher empfiehlt, da eine leichte Bedämpfung dieses Kreises günstig ist. Lediglich in Nähe der Resonanzfrequenz war beim Mustergerät ein relativ weites Zurückregeln der HF-Empfindlichkeit erforderlich. Falls das stört, kann der Auskoppelkreis entweder niederohmiger ausgelegt werden (geringere Windungszahl für L 8 bei gleichzeitiger Erhöhung der Kreiskapazität), oder er wird mit einem Parallelwiderstand von einigen Kiloohm bedämpft. Eine nicht zu hohe Kreisgüte ist in diesem Fall also durchaus vorteilhaft.
Bei der Bedienung des Konverters muß man mit etwas Überlegung verfahren. Zunächst darf P 1 stets nur so weit aufgedreht werden, daß der Fuchsjagdsender im Empfänger noch schwach verrauscht erscheint. Anderenfalls setzt bereits die Schwundregelung des Empfängers – in den ja nicht eingegriffen werden soll – ein und macht eine exakte Minimumpeilung unmöglich. C 2 dient während der Fuchsjagd zur Feinabstimmung; der Regelbereich von 100 kHz ist noch genügend fein, wenn für einen großen, griffigen Bedienknopf oder für eine geeignete Untersetzung gesorgt wird. Andererseits kann damit zu Beginn der Fuchsjagd die Empfangsstelle des Senders genau in eine am Empfangsort vorhandene „stumme Lücke" auf der

Empfängerskala gerückt werden, die natürlich möglichst nahe bei 750 kHz liegen soll. Die Empfängerabstimmung dient als Grobabstimmung, sie wird während der Fuchsjagd nicht mehr betätigt.
Das Versuchsmuster des Konverters wurde in ein zweites leeres „Sternchen"-Gehäuse eingebaut und dann mit einem „Sternchen"-Empfänger „Rücken an Rücken" zusammengelegt und durch zwei umgelegte Gummiringe verbunden. So ergab sich ein sehr handliches Gerät. Die Ferrit-Peilantenne sowie die daneben aufgesteckte Stab-Peilantenne waren an einer Schmalwand angeordnet, P 1 und C 2 ragten an einer Längswand heraus. Im Konverter wurde L 8 so angeordnet, daß sie direkt neben dem „Sternchen"-Ferritstab lag. Zwischenkreis- und Oszillatorspule standen quer dazu (wie die Oszillatorspule im Empfänger). Da beide auf verschiedener Frequenz arbeiten, genügt bereits ein Abstand von etwa 20 mm. Wichtig ist, daß L 3 senkrecht zu L 1 steht, da sonst unter Umständen Verkopplungsgefahr besteht. Im übrigen erwies sich der Aufbau des Konverters als relativ unkritisch, längere Leitungsführung ist natürlich zu vermeiden. Im Gehäuse des Mustergeräts war noch reichlich Platz, so daß als Batterie zwei Stück 4,5-V-Flachbatterien untergebracht werden konnten, deren Ausschalter mit P 1 kombiniert wurde und die gleichzeitig das „Sternchen" mitversorgen. Derartige Batterielösungen bewähren sich bei Fuchsjagden besser als die Originalbatterie des „Sternchen". In ähnlicher Form läßt sich auch für jeden anderen Empfängertyp ein geeigneter Konverteraufbau finden. Abschließend die Spulendaten für den Konverter nach Bild 1.7.:
Ferrit-Peilantenne: Ferritstab 10 mm × 200 mm L 1 = 25 Wdg. HF-Litze 20 × 0,05, L 2 = 1 bis 4 Wdg. 0,2-CuL. Die genaue Lage und Windungszahl von L 2 sind durch Versuch als Kompromiß zwischen Trennschärfe und Empfindlichkeit zu ermitteln. L 2 wird in Nähe des Masseendes von L 1 über dieser aufgebracht. Alle weiteren Spulen werden auf Stiefelspulenkörper 8 mm × 30 mm mit HF-Eisenkern gewickelt.
L 3 = 30 Wdg. HF-Litze 20 × 0,05, L 4 = 2 bis 3 Wdg.

0,2-CuL, die genaue Windungszahl wird durch Versuch entsprechend L 2 bestimmt, L 5 = 20 Wdg. 0,12-CuL (falls Oszillator nicht schwingt, diese Wicklung umpolen!), gewickelt in 2 mm Abstand vom Masseende von L 6. L 6 = etwa 70 Wdg. HF-Litze 20 × 0,05 (genaue Windungszahl so, daß bei Mittelstellung an C 2 die vorgegebene Oszillatorfrequenz erreicht wird. Die Kreiskapazitäten sollen nicht geändert werden!). L 7 = etwa 2 Wgd. 0,2-CuL (genauen Wert nach Versuch, da transistorabhängig!).
Die Auskoppelspule L 8 bekommt zwei HF-Eisenkerne, die beiderseits etwa zur Hälfte eingedreht werden, so daß zwischen ihnen etwa 5 mm bis 8 mm Luft bleibt. Zweck ist die Vergrößerung des magnetischen Streufeldes. L 8 = etwa 80 Wdg. 0,12-CuL für eine Kreiskapazität von etwa 200 pF. Anzapfung bei der 45. Wdg. von L 5 aus gerechnet.

2. NF-Verstärker, Elektroakustik

2.1. Verstärkeranlage in Kleinstbauweise

In Band 20 wurde bereits ein einfacher, leistungsfähiger Mikrofonvorverstärker in Streichholzschachtelgröße angeführt. Die hier beschriebene Mikrofon-Übertragungsanlage soll beweisen, wie weit die Miniaturisierung ohne Anwendung besonderer Techniken, wie gedruckter Schaltung und so weiter, auch vom Amateur getrieben werden kann. Die Anlage enthält einen zweistufigen Mikrofonvorverstärker zum direkten Anschluß eines Tauchspulmikrofons sowie einen zweistufigen Endverstärker mit 100-mW-Gegentaktendstufe ähnlich Bild 1.6. b. Die Verstärkeranlage wurde in einem durchsichtigen Polystyrolgehäuse mit den Abmessungen 55 mm × 35 mm × 15 mm untergebracht und wiegt nur 55 p. Die Leistungsentnahme aus der Batterie betägt ohne Aussteuerung nur etwa 50 mW. Bild 2.1. zeigt die Schaltung dieser vielseitig verwendbaren Anlage. Sie enthält drei Übertrager. Bemerkenswert ist der kleine Miniaturübertrager Ü 1 im Eingang (Typ 5 K 10 vom VEB Funkwerk Leipzig), der nur knapp 4,5 p wiegt. Diesen Übertrager benötigt man jedoch nur, wenn ein symmetrischer 200-Ω-Eingang (Studio-Normeingang für Tauchspulenmikrofone) verlangt wird. Niederohmige Mikrofone können jedoch ohne diesen Übertrager auch direkt an T 1 angeschlossen werden. Dann muß man einen Kleinelko 10 μF mit Minus an Basis von T 1 in Serie mit dem Mikrofon schalten. Die Verstärkung sinkt dadurch zwar um den Faktor 5 ab, reicht aber trotzdem für normale Amateurzwecke noch aus. Für T 1 wird ein rauscharmer Transistor (Typ OC 812, 870, LA 30 oder ein anderer, ausgesucht rauscharmer Typ) verwendet, für T 2 ist das nur bei höchsten Ansprüchen notwendig. Die erste Stufe betreibt man mit verringerter Speisespannung (Spannungsteilung 2,5 kΩ / 500 Ω), um das

Rauschen weiter zu verringern. P 1 ist der Lautstärkeregler. Im Mustergerät wurde dafür ein Einstell-Kleinpotentiometer verwendet, das eventuell mit einem kleinen, auf den Schleifer aufgelöteten und durch ein Loch im Deckel ragenden Einstellgriff versehen werden kann. Die nachfolgende Endverstärkung mit T 3 bis T 5 entspricht weitestgehend einer Standardschaltung, für den Treibertrafo und den Ausgangstrafo wurden die preiswerten kleinen „Sternchen"-Trafos K 20 bzw. K 21 (VEB Funkwerk Leipzig) benutzt. Infolgedessen gilt sinngemäß das zu Bild 1.6. b Gesagte.

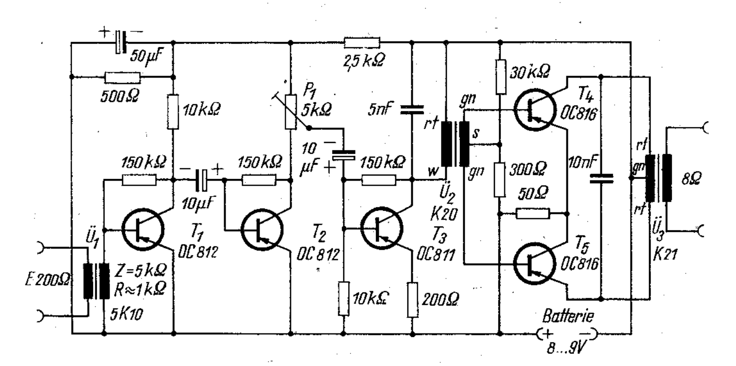


Bild 2.1. Schaltung der Kleinstverstärkeranlage. Der Eingang ist in der skizzierten Form für ein Tauchspulmikrofon geeignet; an den niederohmigen Ausgang läßt sich ein Kleinlautsprecher anschließen

Für die „Sternchen"-Übertrager sind in Bild 2.1. die Anschlußfarben angegeben. Die Treiberstufe T 3 weist als Besonderheit eine mit 200 Ω relativ starke Emitter-Gegenkopplung auf, die verzerrungsmindernd wirkt. Falls diese Eigenschaft weniger wichtig erscheint, kann der 200-Ω-Widerstand im Emitter von T 3 mit einem Elko (10 bis 15 µF, Minus am Emitter) überbrückt werden. Die Verstärkung steigt dann beträchtlich an und gleicht den durch Fortfall von Ü 1 eventuell erhaltenen Verstärkungsverlust bei weitem aus. Allerdings verschlechtern sich dann Rauschabstand und Klirrfaktor des Verstärkers etwas.

Bild 2.2. läßt die Anordnung der Einzelteile durch den Boden des Geräts erkennen. Links unten im Gerät sitzt der kleine Ü 1, rechts unten T 1, links oben Ü 3 und rechts oben Ü 2. Für alle Widerstände und Kondensatoren fanden handelsübliche Kleinteile (Miniaturelkos und 1/20-W-Widerstände) Verwendung. Bild 2.2. zeigt ferner als Größenvergleich zwei Kleinlautsprecher („Sternchen"-Lautsprecher) und eine Taschenlampenbatterie. Zwei derartige Batterien ergeben eine Betriebsdauer von mehr als 100 Stunden. Der untere Lautsprecher ist als Mikrofon angeschlossen, da permanentdynamische Lautsprecher bekanntlich auch als Mikrofone wirken können. In dieser Form eignet sich der Kleinstverstärker sehr gut als Wechselsprechanlage, wobei zum Sprechrichtungswechsel lediglich beide Laut-

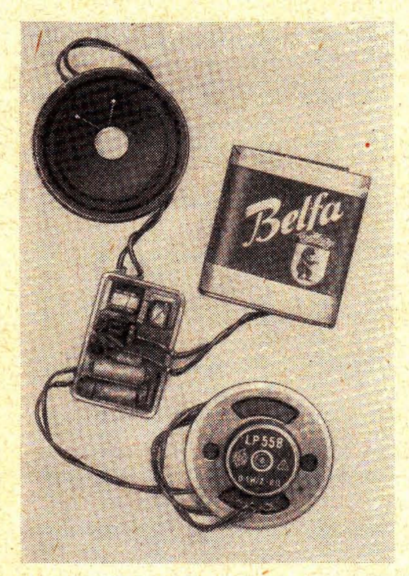


Bild 2.2. Die in einer Polystyrolschachtel untergebrachte Kleinstverstärkeranlage. Als Größenvergleich eine Taschenlampenbatterie und zwei „Sternchen"-Kleinstlautsprecher, einer davon ist als Mikrofon angeschlossen

sprecher mittels Umschalter vertauscht werden. Für diesen Fall ist es günstig, für Ü 1 (in Bild 2.1.) einen Übertrager vom Typ K 21 (entsprechend dem Ausgangsübertrager) zu verwenden, wobei der grüne Draht an Masse, einer der roten über einen 10-μF-Elko (Minus an Basis) an T 1 angeschlossen wird. Der andere rote Anschluß bleibt frei. Damit ist für die Verwendung von Kleinlautsprechern als Mikrofone (ein durchaus brauchbarer Amateurbehelf auch für andere Übertragungsaufgaben) die günstigste Anpassung vorhanden.

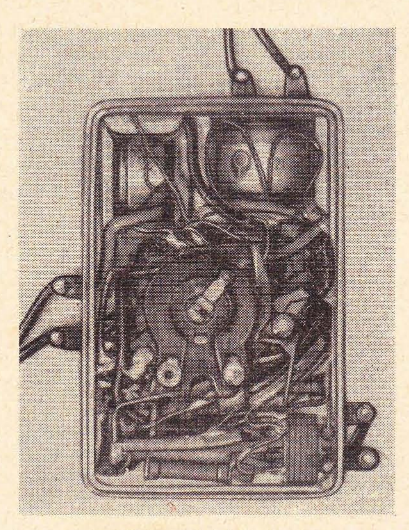


Bild 2.3. Blick auf die Verdrahtung des Kleinstverstärkers

Bild 2.3. zeigt einen Blick auf die Verdrahtung. Rechts unten Ü 1, rechts oben Ü 3, links oben Ü 2. Unter Ü 3 sind rechts nebeneinander kopfstehend T 3, T 4 und T 5 zu erkennen. Zuoberst in Gerätemitte liegt P 1. Beim Aufbau ist darauf zu achten, daß Ü 1 nicht zu nahe an Ü 2 und Ü 3 kommt, da sonst magnetische Verkopplung und damit Selbsterregung eintreten kann. Deshalb werden auch die

Übertrager so angeordnet, daß ihre Achsen zueinander senkrecht stehen, was aus Bild 2.3. klar ersichtlich ist. Beim Aufbau eines derart kompakten Geräts soll man mit Sorgfalt vorgehen. Zunächst werden alle Teile lose so in das vorgesehene Gehäuse eingelegt, daß sich die günstigste Raumausnutzung ergibt, wobei schaltungsmäßig zusammengehörige Teile benachbart sein müssen. Man verdrahtet dann „schichtweise", also im allgemeinen nicht in der Reihenfolge der Schaltungswege, um nicht später benötigte Schaltungspunkte durch andere Teile vorzeitig zu verdekken. Schaltdraht wird nur in Ausnahmefällen nötig werden. Anzustreben ist, daß alle Teile auf kürzestem Wege mit den eigenen Anschlußfahnen verbunden werden. Beigelegte kleine Isolierfolien verhindern Kurzschlüsse zwischen benachbarten Teilen oder Lötstellen. Soweit nötig, werden zuletzt die größeren Teile, wie Übertrager und eventuell Elkos, mit Duosan-Kleber am Gehäuse festgelegt. Für Lötösen, Befestigungswinkel usw. bietet sich kein Platz. Voraussetzung für eine derartig kompakte Bauweise ist vor allem sauberes, schnelles Löten. Dem Anfänger sei von extremer Miniaturisierung abgeraten.

2.2. Hochwertiger Mikrofonvorverstärker

Vielfach wird die Ansicht vertreten, die Transistorverstärkertechnik sei zumindest jetzt noch nicht in der Lage, Geräte herzustellen, die hinsichtlich Verzerrungsarmut und Rauschfreiheit den Vergleich mit Spitzengeräten der Röhrentechnik aushalten. Daß diese Ansicht keinesfalls zutrifft, zeigt der beschriebene Mikrofonvorverstärker. Ursprünglich für eine Spezialaufgabe (Tierstimmenaufnahmen) entwickelt, ist er universell verwendbar. An ihm sollen für den Amateur, der seine Geräte auf Bestleistung bringen will, die Grundregeln, nach denen man derartige Schaltungen im Einzelfall „hintrimmt", erläutert werden. Die beim Mustergerät erreichten technischen Daten, von denen nachfolgend die wichtigsten genannt sind, haben den Vergleich

mit guten Röhrengeräten nicht zu scheuen: Verstärkung „über alles" = 1600fach (= 64 dB);

Frequenzgang: 50 Hz bis 15 kHz, wobei die Höhen gemäß der speziellen Aufgabenstellung bei 15 kHz um + 10 dB angehoben sind;

maximale Eingangsspannung: 0,5 mV an 200 Ω (vorgesehen war die Aufnahme sehr leiser Geräusche);

maximale Ausgangsspannung: 0,8 V an 10 kΩ. Klirrfaktor bei 0,5 V Ausgangsspannung: unter 2 Prozent;

Rauschabstand (Fremdspannungsabstand), bezogen auf maximale Ausgangsspannung: rund 60 dB, das entspricht einer am Ausgang gemessenen Rauschspannung von etwa 0,7 mV (bei einem mit 200 Ω abgeschlossenen Eingang).

Für einen bei mittlerer Übertragungsqualität noch ausreichenden Rauschabstand von 26 dB bedeutet das eine am 200-Ω-Eingang erforderliche Spannung von nur 20 μV!

Bild 2.4. zeigt die Schaltung. Der Verstärker wird aus einer 3-V-Stabbatterie gespeist und entnimmt dieser eine Speiseleistung von knapp 10 mW, so daß die Batterie außerordentlich lange ausreicht. Der Eingang ist wieder mit dem Übertragertyp 5 K 10 versehen. Für Amateurzwecke kann auf ihn verzichtet werden, wenn man ein gutes dynamisches Mikrofon verwendet. Ausgenommen sind Fälle, in denen eine extrem hohe Eingangsempfindlichkeit verlangt wird. Empfehlenswert ist das dynamische Studiomikrofon Typ DSM 61 vom Gerätewerk Leipzig, das in fast allen Fällen ein Kondensatormikrofon ersetzt. Beim Wegfall des Übertragers wird das Mikrofon an Stelle der Sekundärseite von Ü angeschlossen. Die Verstärkung verringert sich dann um den Faktor 5. Für T 1 wurde ein rauscharmer Transistor (ausgesucht aus einer größeren Anzahl von Exemplaren) mit der angegebenen Stromverstärkung benutzt. Zusätzlich wird die Speisespannung für die Vorstufe durch Spannungsteilung auf 1 V herabgesetzt. Alle Stufen arbeiten nach dem „Prinzip der halben Speisespannung", wobei am Kollektor etwa die halbe Betriebsspannung steht. Dann ist zusammen mit der zugeführten Basisvorspannung über eine Gegen-

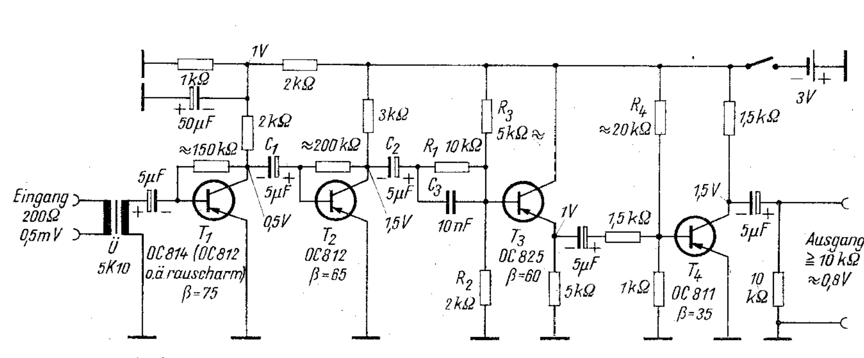


Bild 2.4. Schaltung des hochwertigen Mikrofonvorverstärkers

kopplung vom Kollektor aus eine einwandfreie Stabilisierung der Stufen gegeben. Am Kollektor von T 1 stehen also nur 0,5 V, ein angesichts der geringen Aussteuerung weit zureichender Wert, der andererseits entscheidend zur Senkung des Eigenrauschens von T 1 beiträgt. Bei einem derart auf Höchstleistung „gezüchteten" Verstärker richten sich faktisch alle Werte, insbesondere die der Widerstände, nach den Eigenschaften der jeweils benutzten Transistorexemplare. Für den Nachbau sollten daher Exemplare mit etwa dem angegebenen Stromverstärkungsfaktor und mit möglichst geringen Kollektorrestströmen (für T 1 bis T 3 maximal 200 μA) benutzt werden, falls man eine Neuberechnung des gesamten Verstärkers, die den Rahmen dieses Heftes weit überschreitet, vermeiden will. Hinweise zur Berechnung derartiger Schaltungen sind in „Transistortechnik leichtverständlich", Band 3 der Reihe Der junge Funker zu finden. Dann sind nur die Basiswiderstände für T 1 und T 2 sowie R 3 und R 4 durch Versuch so zu bemessen, daß sich die jeweils angegebenen Spannungen (mit hochohmigem Instrument oder Röhrenvoltmeter gemessen) einstellen. Eine sorgfältige Auswahl, d. h. vorheriges Ausmessen der Transistoren, ist daher nicht zu umgehen, wenn die eingangs genannten Daten erreicht werden sollen. Ausgewählt wird dabei nur nach den gemessenen Daten, nicht nach der Typenangabe. Für T 1 finden sich beispielsweise mitunter auch unter den nicht als rauscharm offerierten Typen (OC 870, LA 30 u. ä.) gut geeignete Exemplare! Der Verwendungszweck für das Mustergerät verlangte eine leichte Höhenanhebung. Sie wurde durch das Entzerrerglied R 1 / R 2 / R 3 / C 3 erreicht, das eine nominelle Grenzfrequenz von 2 kHz bei einem Anhebungsfaktor von rechnerisch knapp 14 dB hat. Es wirkt gleichzeitig dem durch die Grenzfrequenz der Transistoren bedingten Höhenabfall entgegen. Um das Entzerrerglied ausgangsseitig nicht zusätzlich zu belasten, wurde ihm eine Impedanzwandlerstufe mit T 3 nachgesetzt, die keine Spannungsverstärkung bringt. Dieses Entzerrerglied kann auch entfallen, in diesem Fall wird der 1,5-kΩ-Linearisierungswiderstand vor der

Basis von T 4, der dort eine Stromansteuerung und damit Klirrfaktorverringerung bei großer Aussteuerung bewirkt, mit C 2 verbunden. R 1 bis R 3, C 3 und T 3 entfallen dann. Dadurch wird gleichzeitig die Verstärkung um den Faktor 5 erhöht, und sie erreicht auch ohne den Eingangsübertrager Ü etwa den vorn genannten Gesamtwert von 1600. Bei dem probeweise so geschalteten Mustergerät war der Frequenzgang trotzdem noch bis knapp 12 kHz mit ± 2 dB linear. Eine Ausweitung des Frequenzganges nach unterhalb 50 Hz ist praktisch nicht erforderlich. Sie wäre zwar durch Vergrößerung der Koppelelkos möglich, bringt aber die Gefahr von Verkopplungen (Blubbern) über den Innenwiderstand der Batterie und erfordert beträchtlichen Zusatzaufwand an großen Entkopplungselkos. Dagegen kann für reine Sprachübertragungen vorteilhaft das Frequenzband nach unten beschnitten werden, indem man C 1 und notfalls auch C 2 auf je 0,1 μF verringert. Der Frequenzgang erreicht damit bei 300 Hz einen Abfall von – 6 dB, so daß z. B. im Freien auch bei starkem Wind Aufnahmen noch möglich sind, weil das bekannte und schwer vermeidbare „Windrumpeln" an der Mikrofonöffnung dann fast völlig unterdrückt wird. Insgesamt reichen die Eigenschaften des Verstärkers für alle Belange des Amateurs, auch für hochwertige Musikübertragungen, völlig aus.
Bild 2.5. zeigt das Mustergerät. Vorgesehen war mehrtägiger ununterbrochener Betrieb im Freien. Das Gerät ist daher spritzwasserdicht in einem Gehäuse mit den Abmessungen 35 mm × 65 mm × 85 mm (UKW-Antennen-Blitzschutzdose) untergebracht. Bild 2.5. zeigt ein normales Tauchspul-Reportermikrofon, das zum Größenvergleich direkt angeschlossen wurde. Normalerweise ist es über längeres Kabel (bis 200 m) mit dem Vorverstärker verbunden. Die Länge der Ausgangsleitung kann angesichts der relativ hohen Ausgangsspannung ebenfalls einige 100 m (Mikrofon-Schirmkabel) betragen. Links am Verstärker ist der Einschalter sichtbar. Bild 2.6. gestattet einen Blick in das geöffnete Gerät. Die durch eine Andruckfeder gehaltene Batterie nimmt bereits ein Drittel des Gehäusevolumens

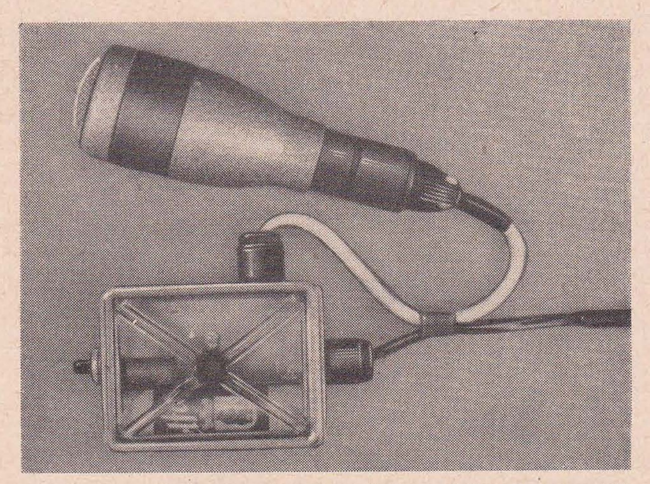


Bild 2.5. Der Mikrofonvorverstärker im Größenvergleich mit einem RFT-Reporterhandmikrofon. Der Vorverstärker ist mit der Batterie wasserdicht in einem Preßstoffgehäuse untergebracht

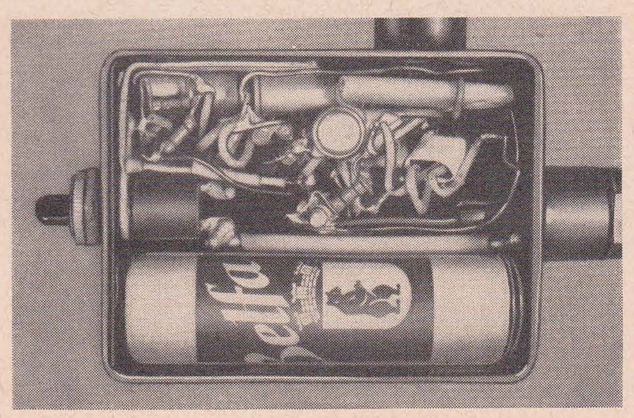


Bild 2.6. Blick in den geöffneten Mikrofonvorverstärker. Oben die Verdrahtung nach Bild 2.4., unten die 3-V-Batterie, links der Einschalter

ein. Der Aufbau des Verstärkers erfolgt – nachdem zuvor im Versuchsaufbau alle Werte der Schaltung einwandfrei bestimmt wurden – kompakt und schüttelfest, wobei es der vorhandene Raum erlaubte, am Boden des Geräts eine Lötösenleiste zu montieren, die ausreichend Lötstützpunkte und Halt für alle Teile bietet. Die ersten zwei Stufen (T 1, T 2) mußten auf Grund der hohen Verstärkung statisch geschirmt werden, da sie sehr brummempfindlich sind. Die mit Isolierfolie beklebte Abschirmwand, die sich bei Verwendung eines Metallgehäuses erübrigt, ist auch links oben im Bild 2.7. zu erkennen, das den Aufbau des Geräts bei entfernter Batterie zeigt. Rechts unten sieht man die Batterie-Andruckfeder.

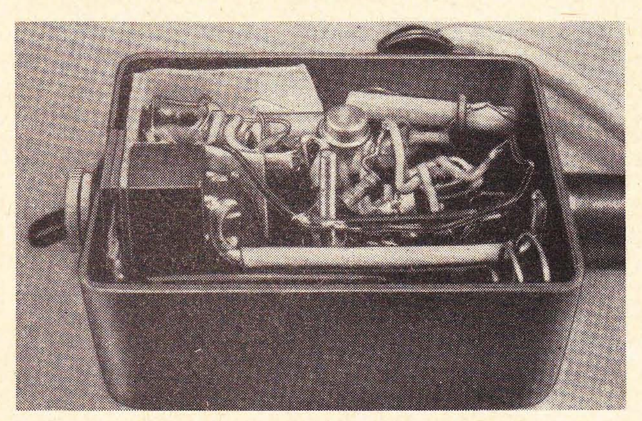


Bild 2.7. Blick in den Vorverstärker bei entfernter Batterie

2.3. Telefon-Wiedergabeverstärker

Eine Verstärkung der Telefonwiedergabe ermöglicht ein Mithören über Lautsprecher, so daß mehrere Personen das Telefongespräch verfolgen können. Auch kann der Hörer

zum Beispiel beim Mitschreiben aus der Hand gelegt werden. Durch Anschluß eines normalen, beliebigen Heim-Magnetbandgeräts lassen sich Telefongespräche auf Magnetband festhalten, was besonders im Geschäftsverkehr wertvoll ist. Bei einer derartigen Einrichtung sind aber – und das sei ausdrücklich betont – die postalischen Bestimmungen genau zu beachten. Grundsätzlich ist jeder Eingriff in die Geräte und Leitungen der Deutschen Post, insbesondere also auch jedes Anzapfen der Telefonleitungen, streng verboten. Diese Bestimmungen gehen so weit, daß sogar die Benutzung der Telefon-Kabelmäntel als Antenne oder Erdleitung nicht gestattet wird. Der unmittelbare Anschluß eines Telefonverstärkers an das Telefon darf also nicht erfolgen, ist aber auch nicht notwendig.
Jeder Telefonapparat enthält einen Mikrofonübertrager, der – wie jeder Übertrager – ein magnetisches Streufeld aufweist, d. h., einzelne magnetische Kraftlinien verlassen den Eisenkern des Übertragers und reichen dann bis außerhalb des Telefongehäuses. Hier können sie von einer dem Telefon genäherten „Fangspule" aufgenommen und entsprechend verstärkt werden. Da die Kraftliniendichte des Streufeldes im Rhythmus des Sprechstromes schwankt, wird in der Fangspule eine Spannung induziert. Diese entsprechend verstärkte Spannung ermöglicht es, das Telefongespräch ohne jede direkte Verbindung mit dem Telefon „induktiv aufzunehmen". Die neueren Tischtelefone mit Preßstoffgehäuse eignen sich dazu besser als die älteren mit dem das Streufeld schwächenden Metallgehäuse. Es liegt nahe, die „Fangspule" gleich mit dem Telefonverstärker zu vereinen und das Ganze beim Telefon unterzubringen.
Bild 2.8. zeigt zunächst die Schaltung des Telefonverstärkers. Die Fangspule F besteht beim Mustergerät aus einem gerade vorhandenen Fernsprechübertrager, dessen Eisenjoch zur Hälfte entfernt ist, so daß die Kraftlinien leicht in den Spulenkern eintreten können. Gut geeignet sind auch Fangspulen, die aus einem kleinen EI-Trafokern bestehen, dessen I-Steg fortgelassen wird. Die Spule soll etwa

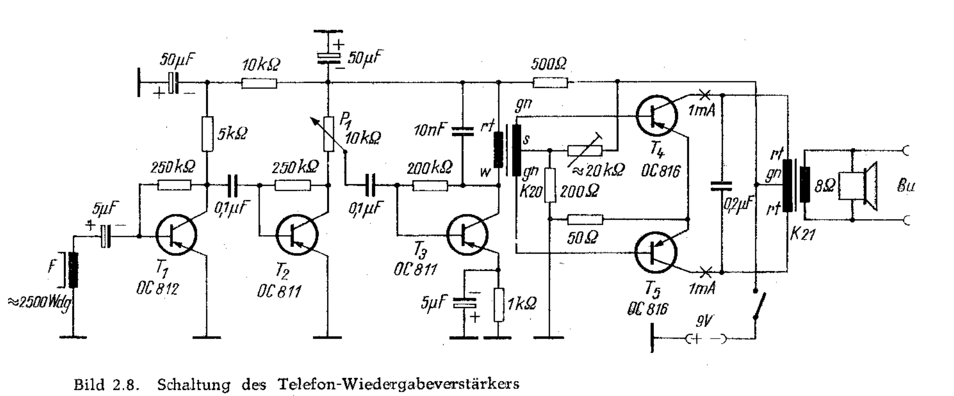


Bild 2.8. Schaltung des Telefon-Wiedergabeverstärkers

2500 Wdg. haben und ist relativ unkritisch. Der nachfolgende Verstärker enthält eine zweistufige Vorverstärkung (T 1, T 2) und einen aus Treiberstufe T 3 und Gegentaktendstufe T 4, T 5 bestehenden Endverstärker. Für T 1 soll bei höheren Ansprüchen, zum Beispiel Bandaufnahmen von Ferngesprächen, ein rauscharmer Typ verwendet werden. Für den Endverstärker wurde beim Mustergerät der schon früher erläuterte „Sternchen"-Endverstärker mit den Übertragern K 20 und K 21 übernommen. Parallel zum Lautsprecherausgang kann über zwei Steckbuchsen der Eingang eines Magnetbandgeräts angeschlossen werden. Der Verstärker braucht nicht besonders hochwertig zu sein, da die Klanggüte der Telefongespräche wegen der billigen Kohle-Postmikrofone ohnehin nicht sehr gut ist. Es empfiehlt sich jedoch, zur besseren Wortverständlichkeit das übertragene Frequenzband (300 bis 2700 Hz) einzuengen. Das geschieht für die hohen Frequenzen durch die relativ großen Parallelkondensatoren zu den Primärwicklungen der Übertrager, die bedarfsweise bis auf 50 nF beim K 20 und 1 μF beim K 21 erhöht werden können, und für die tiefen Frequenzen durch die mit 0,1 μF sehr klein bemessenen Koppelkondensatoren hinter T 1 und T 2. Letztere verhüten gleichzeitig die ungewollte Übertragung von Netzbrummen, das die Fangspule F sehr leicht von benachbarten Geräten oder Leitungen aufnehmen kann. Sollte das trotzdem noch der Fall sein, so wird das ganze Gerät versuchsweise gedreht, bis der Brumm ein Minimum erreicht, oder der Aufstellungsort von Telefon und Verstärker ist geringfügig zu verändern. Mit dem Lautstärkeregler P 1 läßt sich die jeweilige Stärke des ankommenden Gesprächs einstellen. P 1 darf jedoch nicht zu weit aufgedreht werden, da es sonst zu akustischer Rückkopplung vom Lautsprecher auf das Mikrofon des Telefonhörers kommen kann. Der dann entstehende Pfeifton ist auch beim Gesprächspartner hörbar und stört unter Umständen sogar andere Gesprächsverbindungen; man sollte ihn daher unbedingt vermeiden.

Das Mustergerät wurde als flaches Kästchen aufgebaut, dem

das Telefon direkt aufgesetzt wird. Bild 2.9. läßt den „Untersatz" für den Telefonapparat, der lose daraufgestellt ist, erkennen. Vor dem Telefon befindet sich die mit Drahtgaze verkleidete Lautsprecheröffnung, daneben der Lautstärkeregler P 1 und der Einschalter. Bild 2.10. zeigt den Aufbau des Geräts. Rechts unten der kleine, flache „Sternchen"-Lautsprecher, links unten ist die – im Foto senkrecht stehende – Fangspule F erkennbar, direkt daneben der Vorverstärker-Komplex mit T 1 und T 2. Zur Stromversorgung dienen zwei Flachbatterien, die angesichts des geringen Stromverbrauchs (4 bis 5 mA) außerordentlich lange reichen und daher auch fest eingelötet werden können. Durch die Anordnung der Batterien ergibt sich eine Kammeraufteilung, wobei die Batterien eine willkommene Abschirmung des Vorverstärkers gegen den Endverstärker bilden. Die Übertrager K 20 und K 21 liegen an der oberen Gerätekante über dem Lautsprecher unmittelbar nebeneinander. Die günstigste Lage dieser Übertrager sowie des Lautsprechers zur Fangspule muß ausprobiert werden, da es bei zu geringem Abstand der Fangspule von diesen Teilen zu magnetischer Verkopplung kommt. Gegenüber Streufeldern der Übertrager und des Lautsprechers ist die Fangspule besonders empfindlich. Der gesamte Aufbau wird sich also nach der Lage der Fangspule richten müssen, deren Lage wiederum der Mikrofonübertrager im Telefon bestimmt (vorher günstigste Stellung der Fangspule erproben!). Beim Mustergerät befand sich der Mikrofonübertrager im Telefon links hinten quer, die Fangspule (Bild 2.10.) liegt daher ebenso. Bei älteren Telefonen ist der Übertrager häufig in Nähe der rechten oder linken Seitenwand und längs zu dieser angeordnet, was man beim Aufbau entsprechend berücksichtigen muß. Der Telefonverstärker kann auch separat vom Telefon aufgestellt und die Fangspule F getrennt davon am Telefon mit Gummisauger oder Klebeband befestigt werden. Entsprechende Fangspulen gibt es übrigens als „Telefon-Haftspulen" industriell als Zubehör zu Band-Diktiergeräten, zum Beispiel zur „Diktina" des VEB Meßgerätewerk Zwönitz.

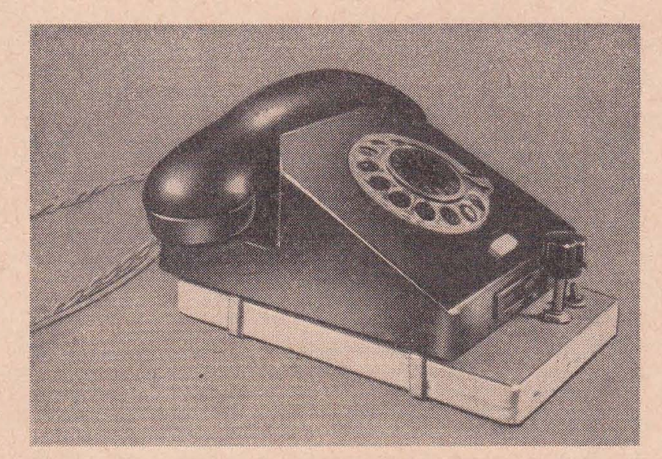


Bild 2.9. Der Telefonverstärker hat die Form eines flachen Kästchens, auf das lose der Fernsprechapparat gestellt wird. Vorn die Lautsprecherverkleidung, der Lautstärkeregler und der Einschalter. Zwei um den Verstärker gelegte Gummiringe halten den Verstärker verschlossen und verhindern ein Rutschen des Verstärkers oder des Fernsprechapparats

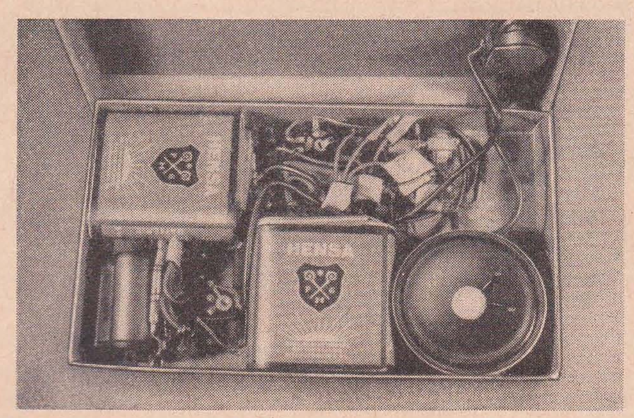


Bild 2.10. Blick in den Aufbau des Telefonverstärkers. Die Bauhöhe entspricht der Stärke der Flachbatterie bzw. des Kleinlautsprechers. Links vorn die Fangspule mit den Vorverstärkerstufen T 1 und T 2 (vergleiche Bild 2.8.)

Die Fangspule muß dann mit nichtmagnetischer Folie abgeschirmt werden, ebenso ihre Zuleitung zum Verstärker. Die Transistoren T 1 und T 3 sollen nicht zu geringe Stromverstärkungen haben (wenigstens um 40), andernfalls kann unter Umständen eine Vorstufe mehr erforderlich werden. Die preiswerten Bastlertransistoren sind ohne weiteres verwendbar.

2.4. Transistormegafon

Für Kommando-Durchsagen, Sprechübertragungen usw. ist häufig der Aufwand eines kompletten Transistor-NF-Verstärkers zu umgehen, wenn an die Übertragungsqualität keine allzu hohen Anforderungen gestellt werden. Durch Kombination eines Fernsprech-Kohlemikrofons und eines Leistungstransistors kommt man zu einer verblüffend einfachen Schaltung, die sich für alle Kommandozwecke und bei geeignetem mechanischem Aufbau auch als Megafon, beispielsweise auf Sportplätzen, eignet. Sie ist wegen ihrer Einfachheit auch für den Bastelanfänger ohne Risiko aufzubauen. Bild 2.11. zeigt die Schaltung. Verwendet werden

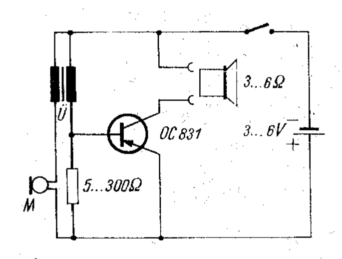


Bild 2.11.
Schaltung des „Transistormegafons"

ein 1-W-Transistor OC 831 (auch OC 832, 833 oder notfalls 830) und ein nicht zu kleiner Lautsprecher mit 3 bis 6 Ω Impedanz und wenigstens 3 W Belastbarkeit, der ohne Übertrager direkt im Kollektorstromkreis des Transistors liegt. Den Batterieschalter bildet man zweckmäßig als

Drucktaste aus und bemißt den Basiswiderstand nach Versuch so, daß der Kollektorruhestrom etwa 0,5 A beträgt (Strommesser in Reihe mit dem Lautsprecher anschließen). Die vom Kohlemikrofon M gelieferte Steuerspannung wird über den Mikrofonübertrager Ü – im einfachsten Fall einen normalen Fernsprechübertrager mit Übersetzungsverhältnis 1 : 1 bis maximal 1 : 3 – auf die Basis des Transistors gegeben und reicht zu dessen Aussteuerung aus. Die Übertragerwicklung bildet gleichzeitig den oberen Basisteilerwiderstand und soll daher einen Gleichstromwiderstand von größenordnungsmäßig etwa 80 bis 150 Ω haben. Die Batteriespannung richtet sich nach dem benutzten Lautsprecher. Für Impedanzen von 2,5 bis 4 Ω kommen 3 V, von 4 bis 8 Ω 4,5 bis 6 V in Frage. Die Batterien sollen aber kräftig sein (Flachbatterien oder Monozellen), da sie bis knapp 1 A aufbringen müssen. Man könnte daran denken, die Schaltung durch Weglassen des Übertragers und Einschalten des Mikrofons zwischen Minus und Basis

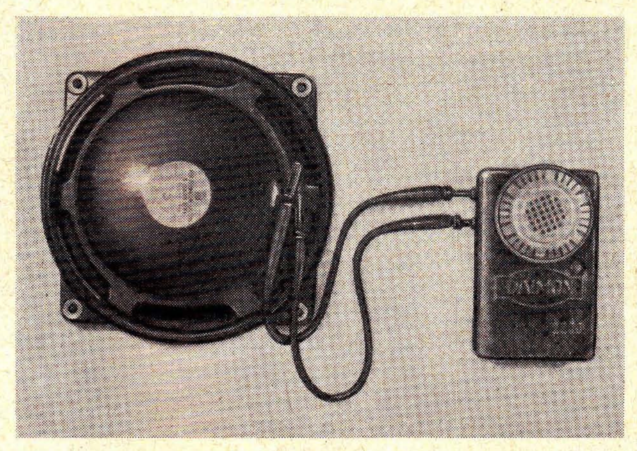


Bild 2.12. Eine mögliche Ausführungsform des „Transistormegafons" (rechts im Bild). Batterie und Schaltung sind im Gehäuse einer Taschenlampe untergebracht, an der Stelle des Scheinwerfers sitzt die Mikrofonkapsel. Links im Bild ein normaler 3-W-Lautsprecher

weiter zu vereinfachen. Dann wird jedoch der Arbeitspunkt des Transistors vom – ständig schwankenden – Gleichstromwiderstand des Kohlemikrofons abhängig und wandert so weit aus, daß die Schaltung nicht mehr funktionstüchtig ist; diese Lösung bewährt sich daher nicht. Einen Eindruck vom Aufbau des Mustergeräts vermittelt Bild 2.12. Neben dem Flachlautsprecher (3 Ω, 3 W) ist das als Handgerät ausgebildete „Megafon" sichtbar, das im Gehäuse einer Taschenlampe Platz fand. Statt des Scheinwerfers ist die Mikrofonkapsel angebracht, links befinden sich die Lautsprecherbuchsen, oben der Einschalt-Druckknopf. Im Gehäuse sind der Transistor, ein üblicher kleiner Fernsprech-Mikrofonübertrager und eine 3-V-Stabbatterie untergebracht.

2.5. Gegentakt-Leistungsverstärker für 2,5 W ohne Übertrager („eisenlose Endstufe")

Aus der Röhrentechnik sind die sogenannten „eisenlosen Endstufen" bekannt, die durch Fortfall der Übertrager wesentliche Vorteile bringen.
Der im folgenden behandelte „eisenlose" Verstärker stellt im Gegensatz zu den übrigen in diesem Heft beschriebenen Geräten keine eigene Arbeit des Verfassers dar, sondern geht auf eine Entwicklung von Clemens Höringer, IHT Teltow (Zeitschrift „radio und fernsehen", Heft 11/1961), zurück. Der Verstärker bewährte sich so gut, daß der Verfasser auf entsprechende eigene Arbeiten verzichtete und ihn deshalb vorstellt. Bild 2.13. zeigt die Schaltung dieses bemerkenswert leistungsfähigen Geräts, über das eingehende Konstruktions- und Berechnungsunterlagen in der zitierten Zeitschrift zu finden sind. Zwar erfordert das Gerät zwei getrennte 6-V-Batterien und insgesamt sechs Transistoren, jedoch kann ein normaler 5-Ω-Lautsprecher verwendet werden, der gleichstrommäßig nicht vorbelastet wird. Der Ruhestromverbrauch liegt bei etwa 0,1 A je Batterie, bei Vollaussteuerung steigt er auf je 0,35 A. Für

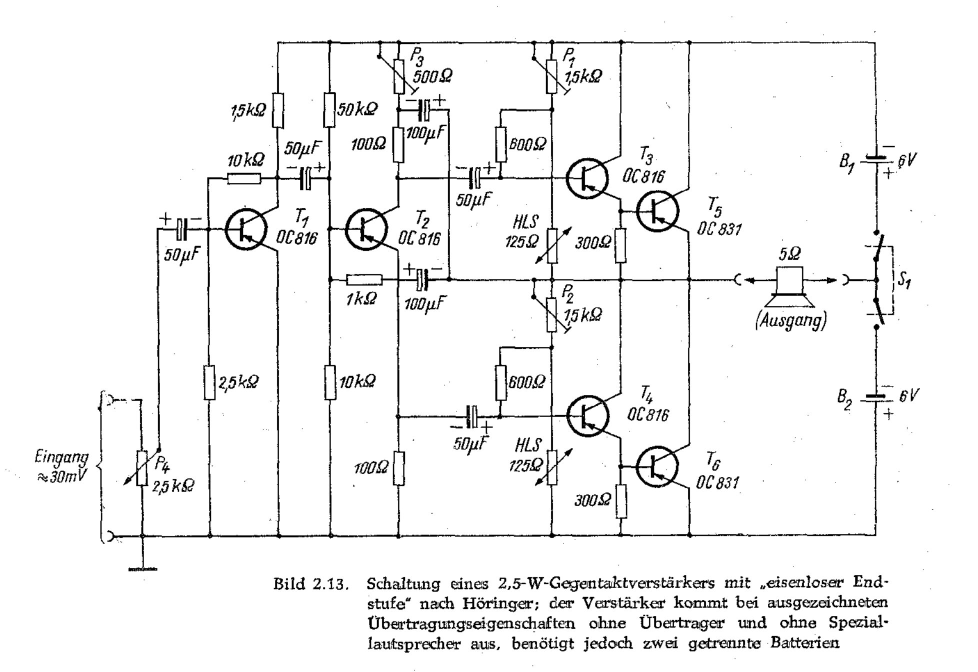


Bild 2.13. Schaltung eines 2,5-W-Gegentaktverstärkers mit „eisenloser Endstufe“ nach Höringer; der Verstärker kommt bei ausgezeichneten Übertragungseigenschaften ohne Übertrager und ohne Spezial-lautsprecher aus, benötigt jedoch zwei getrennte Batterien

B 1 und B 2 müssen also hinreichend kräftige Batterien verwendet werden: entweder Akkus oder kombinierte Monozellen. Letzteres empfiehlt sich jedoch nur für kurzzeitigen Betrieb im transportablen Einsatz. Die maximale Speiseleistung liegt bei knapp 4 W, der Wirkungsgrad ist mit etwa 0,68 bis 0,7 sehr gut. Die Eingangsempfindlichkeit beträgt für Vollaussteuerung 30 mV an 1 kΩ. Bemerkenswert sind der Frequenzgang, der von Höringer mit 10 Hz bis 30 kHz (– 3 dB) angegeben wird, und der Klirrfaktor. Er liegt bei der maximalen Ausgangsleistung von 2,5 W noch unter 4 Prozent, bei 1 W Ausgangsleistung sogar unter 2 Prozent. Der Verfasser fand diese verblüffend guten Werte mit praktisch unbedeutenden Abweichungen bestätigt.
Die Endstufe arbeitet im Gegentakt-AB-Betrieb, wobei die Treibertransistoren T 3 und T 4 mit den Endtransistoren T 5 und T 6 gleichstromgekoppelt sind. Die Temperaturstabilisierung kann daher ruhestromsparend in den Treiberstufen geschehen (Heißleiter HLS 125 vom VEB Keramische Werke Hermsdorf). Mit P 1 und P 2 werden die Ruheströme der Endtransistoren auf je etwa 80 mA eingestellt. Die Kollektorströme für T 3 und T 4 liegen dann bei je etwa 6 bis 8 mA. T 2 ist die Phasenumkehrstufe, die die beiden zur Ansteuerung erforderlichen gegenphasigen NF-Spannungen bereitstellt. Ihr Ruhestrom wird mit P 3 auf 8 mA eingestellt. T 1 arbeitet als Vorverstärker, um eine gut ausreichende Eingangsempfindlichkeit zu erzielen. Der Aufbau kann eng gedrängt erfolgen, wobei die Elkos, deren angegebene Werte man nicht unterschreiten soll, den meisten Raum einnehmen werden. Die Endtransistoren muß man auf getrennte Kühlflächen (je 60 cm^2 Alublech, 1 mm dick) montieren, auf denen auch die Heißleiter anzuordnen sind (mit dünner Glimmerzwischenlage aufkleben). Zwischen den hochkant gestellten Kühlblechen können dann die Kleinstelkos und auf einem Lötösenbrettchen der restliche Verstärkeraufbau untergebracht werden.
Angenehm bei dieser Schaltung ist besonders, daß Unterschiede in den Daten der Treiber- und Endtransistoren

relativ geringen Einfluß auf die Wirkungsweise haben. T 3 und T 4 sowie T 5 und T 6 müssen daher nicht unbedingt Transistorpaare sein, obwohl das natürlich in jedem Falle vorteilhafter ist. Die Ausgangsleistung kann durch Erhöhung der Batteriespannung auf zweimal 12 V bis auf 5 W gesteigert werden und dürfte dann allen Anforderungen genügen.

3. Schwingungserzeuger für Hoch- und Niederfrequenz

In Band 20 wurden unter anderem bereits ein Quarz-Eichfrequenzoszillator und ein NF-Sinusgenerator für eine Festfrequenz beschrieben. Es folgen nun ein sehr einfacher Quarzfrequenzgenerator ohne Spulen und ein für alle Frequenzen durchstimmbarer NF-Tongenerator sowie zwei einfache, wenig Aufwand erfordernde Schwingschaltungen.

3.1. Festfrequenz-Quarzoszillator ohne Induktivitäten

Der beschriebene Quarzoszillator ist funktionell entfernt mit der aus der Röhrentechnik bekannten Colpitts-Schaltung vergleichbar. Er zeichnet sich durch seinen sehr einfachen Aufbau und auch dadurch aus, daß er ohne Spulen auskommt. Zum Abgleich sind daher keine besonderen Meßgeräte, wie Griddipper und ähnliches, erforderlich. Bild 3.1. zeigt die Schaltung.
Als HF-Transistor kommt ein OC 872 in Frage. Die Quarzfrequenz kann bei 100 kHz bis 1 MHz liegen. Mit den jetzt erhältlichen Typen OC 883 u. ä. ist die Schaltung bis über 15 MHz brauchbar. Für Frequenzen um 100 kHz kann eventuell bereits ein OC 871, in Einzelfällen ein OC 870 oder OC 813 ausreichen. Der Stromverstärkungsfaktor des

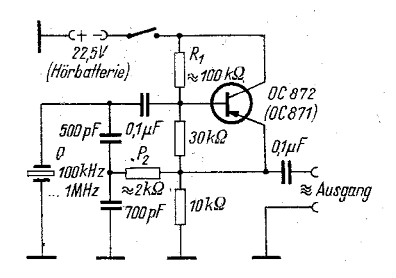


Bild 3.1. Quarzoszillator für 100 kHz bis 1 MHz ohne Spulen. Geeignet als Eichfrequenzgeber

Transistors soll jedoch bei wenigstens 50, besser bei 80 bis 100 liegen. Mit einem OC 872 genügend hoher Stromverstärkung kann es, wie Versuche zeigten, in Einzelfällen gelingen, mit entsprechenden Quarzen noch Schwingfrequenzen um 10 MHz zu erreichen. Dann müssen jedoch für die Kondensatoren 500 pF und 700 pF (Bild 3.1.) solche mit den günstigsten Werten (die dann u. U. bedeutend geringer sein können) eingesetzt werden. Bei niedrigeren Frequenzen und geeigneten HF-Transistoren sind sie jedoch nicht allzu kritisch. Der Widerstand R 1 wird je nach Transistor so bemessen, daß der Oszillator eben sicher anschwingt, bei einem Rückgang der Batteriespannung auf 75 bis 80 Prozent des Sollwerts jedoch wieder aussetzt. R 1 soll also nicht kleiner als nötig sein. R 2 beeinflußt den Rückkopplungsfaktor und wird ebenfalls nach den genannten Gesichtspunkten genau ausprobiert, wobei R 1 und R 2 (eventuell als Einstellregler) wechselseitig so abgeglichen werden, daß R 1 möglichst groß und R 2 nicht kleiner als 1 kΩ ist. Am Ausgang läßt sich eine HF-Spannung in der Größenordnung von etwa 2 V abnehmen. In Reihe mit dem Ausgang kann noch ein antiparallel geschaltetes Diodenpaar (zwei OA 625 o. ä.) zur Oberwellenbildung gelegt werden, so ist es dann je nach Quarzfrequenz und Aufbau eventuell möglich, noch im UKW-Bereich schwache Oberwellen zu erhalten!
Die Batteriespannung ist mit 22,5 V ungewöhnlich hoch. Da der Stromverbrauch bei nur 0,8 bis 1 mA liegt, der Batterie also im Höchstfall etwa 20 mW entnommen werden, reicht eine kleine 22,5-V-Hörbatterie aus. Der Oszillator hat auf Grund seines Funktionsprinzips bereits hohe Frequenzkonstanz; insbesondere haben Transistortemperatur und Exemplareigenschaften des jeweiligen Transistors nur geringen Einfluß auf die Frequenz. Selbst beim Auswechseln des Transistors war beim Mustergerät die Frequenzänderung unter $1 \cdot 10^{-5}$, bei Verringerung der Speisespannung von 22,5 V auf 17,8 V (bei dieser Spannung setzte der Oszillator aus) blieb die Frequenzänderung unter $5 \cdot 10^{-5}$. Es ist deshalb erforderlich, den Oszillator so ein-

zustellen, daß er bei Absinken der Batteriespannung frühzeitig aussetzt und damit auf die verbrauchte Batterie aufmerksam macht, ehe es zu größeren Frequenzauswanderungen kommt. In dieser Form läßt sich der Quarzoszillator dann gut als Frequenznormal für Amateurzwecke verwenden. Da in der Schaltung keine Spulen enthalten sind und die gesamte Schaltung mit relativ hohen Kapazitäten arbeitet, ist sie als „niederohmig" anzusehen. Sie kann sehr kompakt und ohne besondere Beschränkungen in beliebiger Form aufgebaut werden. Gut als Gehäuse geeignet sind normale Bandfilter-Spulenbecher.

3.2. Einfacher NF-Sperrschwinger-Tongenerator für eine Frequenz

Eine sehr einfache, räumlich kleine und auch dem Bastelanfänger auf Anhieb gelingende NF-Schwingschaltung läßt sich mit dem inzwischen bekannten und weitverbreiteten „Sternchen"-Treiberübertrager K 20 (VEB Funkwerk Leipzig) aufbauen, der auch recht preiswert ist. Bild 3.2. zeigt die einfache Schaltung, die je nach Verwendungszweck noch weiter vereinfacht werden kann und sich in der gezeigten Form vor allem für den Aufbau von kleinen NF-Prüfstiftgeneratoren (Handtastern für Fehlersuchen in Verstärkern usw.) eignet. Für die Batterie genügt eine Gnomzelle 1,5 V oder ein 2-V-Trockenakku (ETS Sörnewitz),

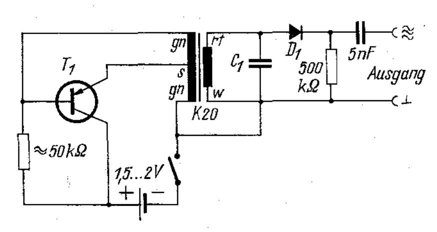


Bild 3.2. Transistor-NF-Sperrschwingergenerator für Prüfzwecke. Dieses universell verwendbare Hilfsgerät kann mit dem „Sternchen"-Kleinübertrager K 20 sehr klein aufgebaut werden

als Transistor T 1 ist so ziemlich alles brauchbar, was überhaupt Transistoreigenschaften aufweist, also neben allen Typen der Reihe OC 810 · · · 821, 824 · · · 829, 870 · · · 872 auch die billigen Bastlertransistoren aller Art. Die Schaltung arbeitet noch mit mangelhaften Transistoren, die zum Beispiel wegen sehr geringer Stromverstärkung (es genügen schon Werte von 2 bis 3) oder sehr hohem Kollektorreststrom nicht für andere Zwecke brauchbar sind, einwandfrei. Der Übertrager K 20 wird entsprechend den in Bild 3.2. angegebenen Farben angeschlossen, der 50-kΩ-Widerstand kann, sofern erforderlich, nach Versuch im Wert etwas verändert werden (jedoch nicht unter 5 kΩ gehen!) oder mitunter auch ganz entfallen. C 1 hat einen gewissen Einfluß auf die Tonqualität. Wird er mit nur 1 bis 5 nF bemessen, so entstehen am Ausgang relativ spitze Nadelimpulse, die Oberwellen bis in den HF-Bereich enthalten. Diese Oberwellenbildung läßt sich durch die Diode D 1 (beliebige Germaniumspitzendiode, z. B. OA 625) vermehren; die Oberwellen sind dann meist noch auf dem Kurzwellenband 49 m eines normalen Rundfunkgeräts nachweisbar, wenn man den Ausgang des Sperrschwingers an die Antennenbuchse legt. Dann ist auch die Funktionsprüfung von HF- und ZF-Teil normaler AM-Empfänger mit diesem einfachen Generator möglich. Je nach Diode kann auch der 500-kΩ-Widerstand oft noch entfallen. Wird kein Wert auf Oberwellen, jedoch mehr Wert auf einen sauberen, sinuston-ähnlichen Klang gelegt, so bemißt man C 1 mit 10 nF bis 0,1 μF oder noch höher, je nach der gewünschten Tonhöhe. D 1 und der 500-kΩ-Widerstand entfallen dann. Zur weiteren Verbesserung der Tonqualität kann es von Vorteil sein, in die obere Leitung „grün" am Übertrager noch einen Widerstand zwischen Basis von T 1 und Wicklung des K 20 zu schalten, der nach Versuch zwischen 10 bis 200 kΩ liegen wird. Es ist zweckmäßig, ihn so groß zu wählen, daß der Generator gerade anschwingt, weil man dadurch einen sauberen Ton erreicht.
Der komplette Sperrschwinger einschließlich Batterie paßt bequem in eine Streichholzschachtel. Mit einer Morsetaste

an Stelle des Schalters und einem Kopfhörer am Ausgang kann er auch für Morseübungen usw. benutzt werden. Die Stromaufnahme liegt weit unter 1 mA.

3.3. Durchstimmbarer NF-Tongenerator für 30 Hz bis 30 kHz

Nach dem Prinzip der Wien-Brücke arbeitet ein über den ganzen NF-Bereich durchstimmbarer NF-Generator mit drei Transistoren, dessen Schaltung Bild 3.3. zeigt. Die Frequenzwahl erfolgt mit Schalter S $1_{a,b}$ in drei Stufen: 30 bis 300 Hz, 300 Hz bis 3 kHz und 3 bis 30 kHz; innerhalb dieser Bereiche wird die Frequenz mit dem Tandempotentiometer P $1_{a,b}$ eingestellt. Die Skala drängt sich an einem Ende leicht zusammen; sie muß daher punktweise geeicht werden. Durch entsprechenden Anschluß der beiden Frequenzregler des Tandempotentiometers kann man erreichen, daß der logarithmische Verlauf der Widerstandskennlinie dieser Zusammendrängung weitgehend entgegenwirkt. Die Ausgangsspannung wird mit dem 250-Ω-Potentiometer geregelt; der Generator gibt maximal etwa 1,8 V ab. Die ungewöhnlich hohe Betriebsspannung kann aus geeigneten Batteriekombinationen (5 bis 6 Flachbatterien) oder mittels Gleichrichter aus dem Netz gewonnen werden, dann muß man aber auf sehr gute Siebung achten, da es sonst eventuell zu unangenehmen Schwebungen zwischen Vielfachen der Netzfrequenz und Generatorfrequenz kommt. Das Rückkopplungsverhältnis wird mit den Widerständen 300 Ω und 150 Ω am Emitter von T 3 eingestellt. Im Versuchsaufbau erwies es sich als günstig, beide Widerstände (für die in Bild 3.3. nur Etwa-Werte angegeben sind) zu einem 500-Ω-Potentiometer zusammenzufassen, an dessen Schleifer der Emitter von T 3 angeschlossen wurde. Mit dem 2,5-kΩ-Einstellregler wird dann der Arbeitspunkt von T 3 einmalig eingestellt. Die Amplitudenkonstanthaltung erfolgt durch Gegenkopplung über den Heißleiter HLS 10 kΩ (VEB Keramische Werke Hermsdorf). Durch Vorschaltung

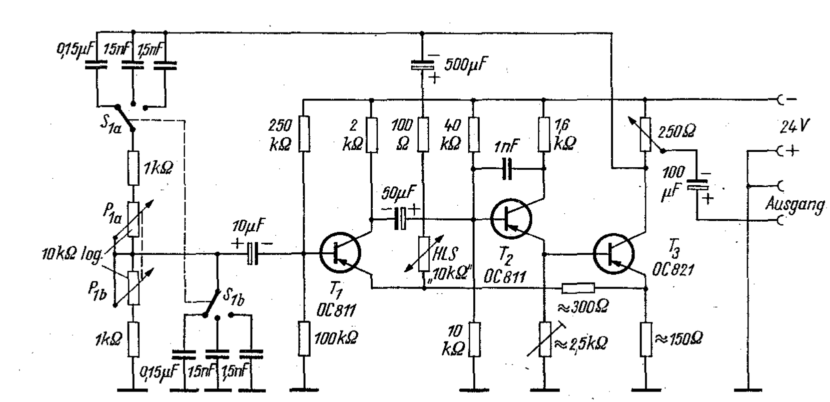


Bild 3.3. Durchstimmbarer Sinus-Tongenerator 30 Hz bis 30 kHz für die Werkstatt

des 100-Ω-Widerstandes kann man eine relativ günstige Regelcharakteristik erreichen. Jedoch wirkt sich die immer noch recht große Wärmeträgheit des Heißleiters, der sich im Normalfall merklich erwärmt, störend aus, da kurzzeitige Amplitudenschwankungen nicht ausgeregelt werden. Sie können bei einwandfreier Funktion des Generators nicht auftreten; deshalb muß der Erstabgleich der Rückkopplungsverhältnisse mit etwas Geduld und großer Sorgfalt geschehen, um ein genaues „Einspielen" der Regelung zu erreichen. Als günstig erwies es sich, den Heißleiter frei auf seinen Anschlußdrähten stehend in einem Tablettenröhrchen anzuordnen, das äußerlich glatt mit blanker Aluminiumfolie beklebt wurde (Thermosflaschenwirkung). Dadurch werden kurzzeitige Temperatureinwirkungen von außen (z. B. Luftzug), die zu mehrfachem „Durchpendeln" der Regelung führen können, vermieden. Der einmal eingeschwungene Generator hält die Amplitude erstaunlich gut konstant, setzt allerdings bei jedem Neueinschalten im Laufe einiger Sekunden mehrmals ein und aus. Das Gerät muß also vor jeder Messung schon einige Minuten eingeschaltet sein. Die für die Elkos angegebenen Werte sind Mindestwerte, die nicht unterschritten werden dürfen. Der Klirrfaktor lag beim Mustergerät unter 1 Prozent, wobei der Heißleiter einen gewissen Einfluß auf den Klirrfaktor hatte, so daß sich gegebenenfalls ein Versuch mit verschiedenen Exemplaren empfiehlt. Die Temperaturabhängigkeit der Frequenz lag unter $1 \cdot 10^{-4}$/°C, die Spannungsabhängigkeit der Frequenz bei Schwankungen der Speisespannung um ± 20 Prozent betrug unter $1 \cdot 10^{-3}$, was für die Praxis ausreichend ist. Trotzdem sollen Speisespannungsschwankungen möglichst vermieden werden, da sie sich in einer Erhöhung des Klirrfaktors durch Verschiebung der Regelcharakteristik des Amplitudenregelzweigs äußern können.

3.4. NF-Leistungs-Tongenerator für eine Festfrequenz

Für manche Zwecke wird ein konstanter NF-Ton benötigt, der mit mittleren Leistungen (um 1 W) über Lautsprecher abgestrahlt werden kann. Unter Abschnitt 3.2. wurde bereits eine einfache Sperrschwingerschaltung beschrieben. Nach ganz ähnlichem Prinzip läßt sich auch ein solcher Leistungs-NF-Generator für Lautsprecherbetrieb aufbauen, wie Bild 3.4. zeigt. Die Schaltung ist außerordentlich betriebssicher und so unkompliziert, daß sie auch dem Bastel-

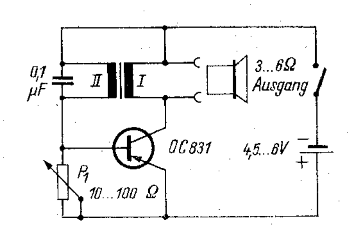


Bild 3.4.
Einfacher NF-Tongenerator für eine Frequenz mit Leistungstransistor zum direkten Anschluß eines Lautsprechers

anfänger auf Anhieb gelingt. Benutzt wird ein Leistungstransistor OC 831 (auch OC 832, 833 oder notfalls OC 830). Unmittelbar in dessen Kollektorstromkreis liegt ein üblicher niederohmiger Lautsprecher für 3 bis 6 Ω Impedanz und wenigstens 3 W Belastbarkeit. Insofern hat diese Schaltung auch gewisse Ähnlichkeit mit dem unter 2.4. beschriebenen Transistormegafon (vgl. Bild 2.11.). Die Batteriespannung kann je nach Lautsprecherimpedanz bei 4,5 bis 6 V liegen (Monozellen oder Flachbatterie), der Regler P wird so eingestellt, daß der Generator gerade anschwingt. Da P einen Einfluß auf Tonhöhe und Toncharakter hat, kann er mit Bedienknopf versehen werden. Gut eignet sich dafür ein „Entbrummer-Potentiometer" aus der Verstärkertechnik, dem man – falls 100 Ω ein zu hoher Wert sind – noch einen Widerstand von 20 bis 50 Ω parallellegt. Der Übertrager Ü dient lediglich zur Rückkopplung und ist unkritisch. Es sind meist schon vorhandene Fernsprecherüber-

trager oder auch NF-Übertrager mit nicht zu großem Übersetzungsverhältnis u. ä. verwendbar. Anschluß und richtige Polung der Wicklungen werden durch Versuch ermittelt. Die Selbstanfertigung ist ebenfalls sehr einfach, der Übertrager läßt sich sogar freihändig wickeln. Für einen Kernquerschnitt von etwa 50 mm² Fe (z. B. EI-Kern 20/35) rechnet man dann für Wicklung I etwa 400 Wdg., für Wicklung II etwa 50 Wdg., Drahtquerschnitt etwa 0,1- bis 0,2-CuL. Für Wicklung II ist das insofern von Bedeutung, als der Gleichstromwiderstand dieser Wicklung den Wert für P 1 größenordnungsmäßig vorgibt. Sie soll also keinen zu geringen Widerstand haben.

Die Stromaufnahme aus der Batterie liegt je nach Rückkopplungsverhältnis und Einstellung von P bei 0,1 bis 0,8 A (Maximum 1 A). Der Aufbau ist völlig unkritisch und kann sich nach dem Verwendungszweck richten. Einen Eindruck vom Aufbau des Mustergeräts, das in einer Piacryldose Platz fand, gibt Bild 3.5. Rechts im Foto ein 3-W-Flachlautsprecher, links oben die Flachbatterie und darüber

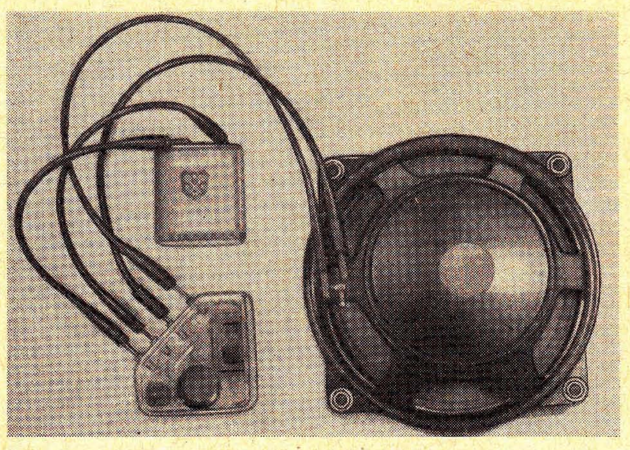


Bild 3.5. Aufbau eines Geräts nach Bild 3.4. (links unten). Als Gehäuse diente eine Piacrylbüchse. Darüber die Taschenlampenbatterie, rechts ein 3-W-Lautsprecher

der Generator. Batterie und Lautsprecher werden über Bananenstecker angeschlossen, der Drehknopf für den Regler P und – durch den Piacryldeckel – der Übertrager Ü sind erkennbar. Dieses Gerät läßt sich bei Gruppen-Morseübungen, als „elektronische Hupe" oder für beliebige Signalzwecke verwenden.

4. Stromwandler (Transverter)

4.1. Gegentakt-Leistungstransverter für 5 W Ausgangsleistung

Ein kleinerer Gegentakt-Transverter wurde bereits in Band 20 beschrieben, und dort wurden auch Hinweise für den Bau eines leistungsstärkeren Transverters mit zwei Transistoren OC 831 gegeben. Es soll nunmehr ein speziell für die OC 831 ··· 833 dimensionierter Gegentakt-Transverter beschrieben werden, der mit diesen Transistoren maximal mögliche Leistungsausbeute erreicht. Die Schwingfrequenz wurde gegenüber dem in Band 20 beschriebenen Transverter auf 500 Hz festgelegt. Dieser Wert paßt sich der nicht allzu hohen Grenzfrequenz der Leistungstransistoren besser an und führt auch bei mittelmäßigen Trafoeigenschaften noch nicht zu einem wesentlichen Absinken des Wirkungsgrades. Die Primärinduktivität wurde entsprechend erhöht, so daß auch das Nachbaurisiko geringer ist. Dabei muß beachtet werden, daß eine hohe Primärinduktivität bei Transvertern hohe Extraspannungen hervorruft. Derartige Spannungsspitzen können vor allem dann auftreten, wenn der Transformator nicht exakt symmetrisch gewickelt ist. Dadurch besteht die Gefahr, daß die Kollektorsperrschicht durchschlägt. Im vorliegenden Fall wird diese Gefahr durch den der Primärwicklung parallelliegenden Kondensator C 3 vermieden. Bei einwandfreiem Trafoaufbau beträgt die maximal entnehmbare Ausgangsleistung 5 W, und der Wirkungsgrad ist mit 70 Prozent sehr günstig. Dem weniger Erfahrenen wird jedoch empfohlen, die erreichte Ausgangsleistung zunächst mit 4,5 W anzusetzen, um gewisse Reserven für ungenauen Trafoaufbau oder ähnliche Fehlereinflüsse zu haben. Der Transverter ist für eine Betriebsspannung von 6 V ausgelegt und entnimmt der Batterie maximal 1,1 A. Die günstigste Stromquelle

wird daher ein Akkumulator sein. Es sei erwähnt, daß eine Auslegung des Transverters für andere Betriebsspannungen nicht sinnvoll ist, da dann insbesondere bei niedrigeren Betriebsspannungen die erreichbare Ausgangsleistung wesentlich zurückgeht und auch der Wirkungsgrad schlechter wird. Der Leerlaufstrom liegt bei diesem Transverter, abhängig von den Transistoren, bei etwa 0,1 bis maximal 0,4 A, höhere Werte sind unnormal.

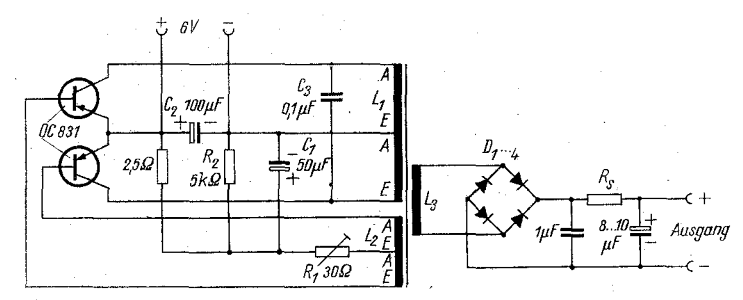


Bild 4.1. Schaltung des 5-W-Transverters. Er ermöglicht die Erzeugung höherer Spannungen aus einer 6-V-Batterie („Transistor-Zerhacker")

Bild 4.1. zeigt die Schaltung. L 1 ist die Primärwicklung, L 2 die Rückkopplungswicklung. Die richtige Polung muß beachtet werden; im Bild sind Wicklungsanfänge und -enden angegeben. R 1 wird so eingestellt, daß der Transverter mit der vorgesehenen Belastung gerade anschwingt, bei Überlastung jedoch aussetzt. Falls kein Anschwingen erreicht wird, ist der Wert von R 2 etwas zu verringern. Falls R 1 zufällig den Wert 0 Ohm erhält, kann er entfallen. Für diesen Abgleichwiderstand eignet sich ein Drahtwiderstand mit Schelle oder auch ein 100-Ω-„Entbrummer"-Potentiometer, dem ein Festwiderstand von 50 Ω parallelgelegt wird. Bei der ersten Erprobung ist in Reihe mit der Batterie unbedingt ein Strommesser zu schalten, um nicht versehentlich den Maximalstrom von 1,1 A zu überschreiten, was sofort zur Beschädigung der

Transistoren führen kann. Der Kondensator C 2 sollte nur entfallen, wenn eine Batterie mit niedrigem Innenwiderstand (nicht zu kleiner Bleiakku) benutzt wird. C 3 dämpft die im Umschaltmoment auftretenden Spannungsspitzen (Überschwinger), die sonst zum Spannungsdurchschlag an den Kollektorsperrschichten führen könnten, während C 1 in Zusammenwirkung mit C 2 das Umschaltverhalten der Anordnung verbessert.

Für die Ausgangswicklung L 3 werden nur allgemeine Wikkeldaten angegeben. Diese Wicklung richtet sich nach dem vorgesehenen Verwendungszweck des Transverters und der gewünschten Ausgangsspannung. Grundsätzlich kann der Transverter für jede Ausgangsspannung zwischen etwa 10 bis 600 V ausgelegt werden. Der entnehmbare Strom ergibt sich dann aus der jeweils gewünschten Ausgangsspannung und der mit 5 W vorgegebenen maximalen Ausgangsleistung nach der bekannten Formel $I = P/U$. Danach läßt sich prüfen, ob der Transverter für den vorgesehenen Zweck (z. B. Anodenspannungserzeugung für transportable Röhrengeräte, deren Strom- und Spannungsbedarf bekannt ist) ausreicht.

Die Wechselspannung wird mit vier Dioden D 1 ··· 4 gleichgerichtet. Welche Gleichrichtertypen dafür benutzt werden, hängt wiederum von der gewünschten Ausgangsspannung und dem entnommenen Strom ab. Je nach diesen vorgegebenen Daten wird man entweder kleine Selengleichrichter (ungünstig, weil deren Wirkungsgrad nicht besonders gut ist) oder Germanium-Flächengleichrichter der Typenreihe OY 100 ··· 104 oder OY 110 ··· 114 verwenden. Die nachfolgende Siebung wurde ebenfalls nur angedeutet. Für den Ladekondensator reicht angesichts der relativ hohen Schwingfrequenz eine Kapazität von 1 μF aus, höhere Werte erschweren das Anschwingen. Der Siebwiderstand R_S und der nachfolgende Siebkondensator werden in gewohnter Form dimensioniert, können aber ebenfalls außergewöhnlich geringe Werte erhalten, da sich bei der höheren Frequenz eine wesentlich größere Siebwirkung ergibt. Aus dem gleichen Grund ist die Verwendung einer

Siebdrossel an Stelle von Rs besonders günstig, sofern der dadurch größere Platzbedarf und das höhere Gewicht in Kauf genommen werden können.

Beim Aufbau muß man beachten, daß jeder Transistor auf ein Kühlblech 100 mm × 100 mm (Alublech, 1 mm dick) montiert werden muß. Da bei diesen Transistoren der Kollektor elektrisch mit dem Gehäuse verbunden ist, sind die Kühlbleche entweder isoliert zu montieren, oder es wird zwischen Transistor und Kühlblech eine dünne Glimmerscheibe gelegt. Anderes Isoliermaterial eignet sich wegen des zu geringen Wärmeleitwertes nicht. In letzterem Fall können die Kühlbleche abgewinkelt und am Trafo befestigt werden. Zwischen ihnen finden die übrigen Teile Platz. Falls R 1 eine isolierte Achse hat, kann er in eines der Kühlbleche eingesetzt werden.

Der Trafo wird auf einen Kern der Größe M 42, Dyn-Blech IV/0,35, Bleche einseitig mit 0,5 mm Luftspalt geschichtet, gewickelt. Zuunterst kommt Wicklung L 1 mit 2 × 65 Wdg. 0,75-CuL, beide Teilwicklungen waren bifilar gewickelt (zweidrähtig zugleich aufbringen, anschließend wie in Bild 4.1. angegeben verbinden). Darüber kommt ohne Zwischenlage Wicklung L 2 mit 2 × 22 Wdg. 0,3-CuL, ebenfalls bifilar gewickelt. Darauf folgen eine Lage Ölleinen und dann Wicklung L 3. Deren Windungszahl richtet sich nach der gewünschten Ausgangsspannung. L 3 erhält 12,7 Wdg./V, d. h., die Ausgangsspannung multipliziert mit 12,7 ergibt die Windungszahl. Der Drahtdurchmesser wird nach den dafür üblichen Tabellen und dem in Frage kommenden Ausgangsstrom gewählt und darf bei Platzmangel auf dem Wickel notfalls 20 Prozent geringer sein, als in den Tabellen angegeben. Für eine Ausgangsspannung von 220 V ~ wären demgemäß 2800 Wdg. 0,13-CuL nötig. Erwähnt sei noch, daß die abgegebene Wechselspannung nicht sinusförmig ist, sondern wie bei jedem Transverter angenäherte Rechteckform hat, die Schwingfrequenz hängt außerdem relativ stark von der Belastung ab. Für die praktische Anwendung als Gleichspannungswandler ist das ohne Bedeutung, jedoch eignet sich aus diesem Grunde

ein derartiger Transverter nicht als Wechselspannungsquelle. Deshalb wäre es nicht möglich, einen für 50 Hz ausgelegten Transverter beispielsweise zur Speisung von Magnetbandmotoren oder ähnlichen für 220 V ~/50 Hz ausgelegten Geräten zu verwenden. Für derartige Sonderfälle gibt es spezielle, allerdings weit aufwendigere Transverterschaltungen, deren Realisierung für den Amateur am Aufwand und zur Zeit auch am Fehlen ausreichend großer Leistungstransistoren scheitert.

5. Elektronik

In diesem Abschnitt sollen einige für den Amateur interessante Transistoranwendungen aus dem Gebiet der Elektronik dargelegt werden. Die gezeigten Schaltungen sind als Beispiele gedacht, man kann sie durch geringe Abänderungen auch für andere Zwecke benutzen. Dem Ideenreichtum des Amateurs bieten sich viele Möglichkeiten. Im übrigen sei an dieser Stelle besonders auf Band 20 „Transistorschaltungen Teil I" und Band 28 „Elektronikschaltungen für Amateure" dieser Broschürenreihe verwiesen, in denen zahlreiche Schaltungsbeispiele und Anregungen zu diesem vielseitigen und wichtigen technischen Spezialgebiet zu finden sind. Eine umfassende Schaltungssammlung stellt das „Elektronikbastelbuch" des Verfassers dar.

5.1. Leistungs-Blinklichtgeber für Kraftfahrzeuge

Blinklichtschaltungen wurden schon mehrfach, unter anderem in den obengenannten Broschüren, veröffentlicht, zumal es dafür eine ganze Reihe von Varianten gibt, unter denen die jeweils für den gegebenen Zweck günstigste zu wählen ist. Sie sind auch deshalb von besonderer Bedeutung, weil ihre Anwendung keineswegs nur auf Blinkeinrichtungen beschränkt bleibt. An Stelle der Blinklampen können Relais treten, mit denen sich dann beliebige andere Geräte schalten lassen, so daß Blinkerschaltungen ganz allgemein als Taktgeberschaltungen aufzufassen sind.
Für die Anwendung im Kraftfahrzeug bietet sich die Möglichkeit, die bekannten Thermo-Blinkrelais, die relativ störungsanfällig sind, zu umgehen. Bei der Verwendung normaler Schaltrelais wäre das grundsätzlich schon mit den früher beschriebenen Blinkerschaltungen möglich, jedoch bleibt dann noch immer die Notwendigkeit eines Schalt-

relais, d. h. eines mechanischen Kontaktorgans. Kontaktlose Blinkerschaltungen für Kraftfahrzeuge scheiterten bisher angesichts der starken zu schaltenden Lampenströme am Fehlen hinreichend leistungsstarker Transistoren. Auch die Leistung der OC 830 ··· OC 833 reicht noch nicht aus. Inzwischen sind jedoch 4-W-Leistungstransistoren aus der DDR-Fertigung erhältlich; für den Amateur besteht gelegentlich auch die Möglichkeit, entsprechend belastbare Leistungstransistoren aus sowjetischer Fertigung zu bekommen. Bild 5.1. zeigt, wie relativ einfach eine kontaktlose Blinkvorrichtung für die Verwendung in Kraftfahrzeugen

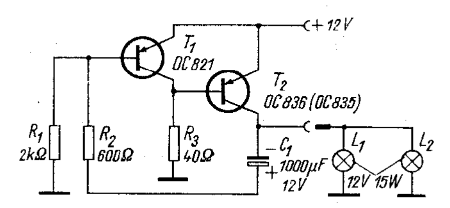


Bild 5.1. Blinklichtschaltung für Kraftfahrzeuge. T 2 ist ein 4-W-Transistor

aufgebaut werden kann. Für den Leistungstransistor T 2, der den Lampenstrom schaltet, wird ein 4-W-Transistor vom Typ OC 836 (ersatzweise OC 835) verwendet, der jedoch nur bis maximal 3 A Kollektorstrom belastbar ist. Legt man die üblichen Blinkerlampen für 12 V/15 W zugrunde, dann können maximal 2 Lampen geschaltet werden. Eine 6-V-Blinkanlage ist grundsätzlich ebenso aufgebaut, kann jedoch wegen der dann höheren Lampenströme nur entweder eine Blinklampe 6 V/15 W oder 2 Lampen 6 V/5 W schalten. In diesem Fall sind also durch das derzeitige Transistorangebot noch Grenzen gesetzt. Mit einem sowjetischen Transistor der P-4-Serie beispielsweise wäre diese Schaltung auch für 6-V-PKw-Anlagen mit zwei 6-V/15-W-Blinklampen geeignet. Entsprechende Transistoren befinden sich auch in der DDR in Entwicklung. Bei der Auswahl der Transistoren kann nicht ihre Nenn-Ver-

lustleistung mit der Lampenleistung in Beziehung gebracht werden. Die Kollektorverlustleistung wird hier nie erreicht und kann daher beträchtlich unter der Lampenleistung liegen. Maßgebend sind lediglich maximal zulässiger Kollektorstrom und Lampenstrom. Der Lampenstrom sollte möglichst nicht mehr als 70 Prozent des maximal zulässigen Kollektorstroms erreichen, um die Transistoren durch den kurzen Lampen-Einschaltstromstoß nicht zu gefährden.
Die Schaltung in Bild 5.1. ist eine vereinfachte Multivibratorschaltung. Wenn die für übliche Blinker im Pkw vorhandene Verkabelung beibehalten wird, sind zwei derartige Blinkgeber – für jede Seite einer – erforderlich. Der Blinkschalter schaltet dann die Betriebsspannung auf den jeweiligen Blinkgeber. Bei Verwendung eines zweipolig schaltenden Blinkerschalters kommt man mit nur einem Blinkgeber aus; der Blinkschalter schaltet dann die jeweilige Lampengruppe und in beiden Schaltstellungen zusätzlich die Betriebsspannung an den Geber.
Diese Schaltung zeichnet sich durch einfachen Aufbau und geringen Materialbedarf aus, ist aber weitestgehend von den Exemplareigenschaften der Transistoren abhängig. Die genauen Werte für R 1 bis R 3 und C 1 müssen also erprobt werden, bleiben dann aber für die jeweiligen Transistoren konstant. Die in Bild 5.1. angegebenen Werte sind am Versuchsmuster des Verfassers ermittelte Größen für Transistoren mit mittleren Stromverstärkungswerten. Sie können als Ausgangswerte dienen. Die Einstellung geschieht wie folgt:
Zunächst wird der Emitter von T 1 abgelötet und R 3 so bemessen, daß die an den Lampen L 1, L 2 stehende Spannung gerade 0,3 V geringer ist als die Batteriespannung. R 3 soll nicht kleiner sein als erforderlich. T 1 wird nun wieder angelötet, und R 1 und R 2 werden wechselseitig auf den am günstigsten erscheinenden Blinkrhythmus (etwa zwei Blinkperioden je Sekunde) eingeregelt. Dabei beeinflußt R 2 vorwiegend die Blinkzeit, R 1 stellt man so ein, daß die Anordnung gerade sicher anschwingt. Sein Wert soll nicht geringer sein als nötig. Falls sich keine befrie-

digende Einstellung der gewünschten Blinkzeit erreichen läßt, kann C 1 im Wert etwas geändert werden.
Dieser Blinkgeber hat neben der außerordentlichen Betriebssicherheit den Vorteil eines für den Verkehr sehr günstigen Blinkrhythmus. Grundsätzlich ist die Leuchtzeit der Lampen ein klein wenig länger als die Dunkelzeit. Aufgebaut wird der Geber zweckmäßig in einem kleinen staub- und wasserdichten Kästchen, das an geeigneter Stelle hinter dem Armaturenbrett oder im Motorraum angeordnet werden kann. Zu beachten ist dabei nur, daß die Anordnung nicht durch benachbarte Motorteile erwärmt wird. Bei sorgfältiger Dimensionierung der Widerstände arbeitet die Anordnung zwischen – 30 °C und + 40 °C einwandfrei, wobei sich die Blinkzeiten in diesem Temperaturintervall nur unmerklich ändern. Der Schalttransistor T 2 soll auf einem Kühlblech (etwa 30 cm^2 Fläche, Alublech, 1 mm dick, isoliert) montiert werden.

5.2. Transistormetronom

Der beschriebene Taktgeber kann als Metronom für den Musiker, für den Fernschreibunterricht und für alle ähnlichen Fälle dienen, bei denen periodische akustische Signale zu geben sind. Ein anderes Anwendungsbeispiel ist das periodische Schalten eines Gleichstromweckers. Die Taktzeit ist zwischen etwa 10 bis 300 Takte/min regelbar. Bild 5.2. zeigt die Schaltung.
Auch in diesem Fall geht man wieder von einem Multivibrator (T 2, T 3) aus. T 2 und T 3 sind über C 1 und C 2 gekoppelt und schalten sich periodisch gegenseitig ab. Als „Signalorgan" wurde ein Wechselstromwecker W angenommen. Über den gleichstromgekoppelten Verstärkertransistor T 4 wird der Schalttransistor T 5 angesteuert. T 5 ist immer dann, wenn T 3 sperrt, durchgesteuert. Wechselstromwecker haben bekanntlich keinen Unterbrecher, demzufolge wird der Anker beim Durchschalten von T 5 angezogen und schlägt einmal an die Glocke. Um beim Ab-

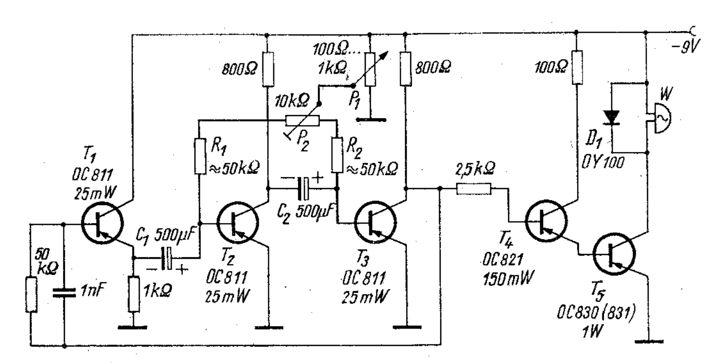


Bild 5.2. Schaltung eines Transistortaktgebers für die Anwendung als „Metronom". Die Schaltung kann je nach Verwendungszweck und Anforderungen variiert werden

schalten des Weckers W durch die in dessen Wicklung entstehende Selbstinduktionsspannung den Transistor T 5 nicht zu gefährden, ist W mit einer Flächendiode OY 100 überbrückt (Polung beachten!), die diese Abschaltspannungsspitzen bedämpft. Diese Maßnahme empfiehlt sich grundsätzlich dann, wenn induktionsbehaftete Verbraucher (also auch Relaiswicklungen usw.) durch einen Transistor schlagartig abgeschaltet werden.
W kann auch ein Gleichstromwecker sein – der dann stets so lange ertönt, wie T 5 durchgeschaltet ist –, ein Relais, eine Lampe oder ähnliches. Der Gleichstromwiderstand von W muß jedoch mindestens 10 Ω betragen. Für Metronomzwecke (für Musiker usw.) ist oft ein bestimmter, neutraler Klang erwünscht, eine Glocke wird oftmals als störend empfunden. Dann können bei W auch ein Hochtonlautsprecher oder für geringere Lautstärken sogar eine niederohmige Fernsprech-Hörkapsel angeschlossen sein, die ein markantes, neutral klingendes Knackgeräusch abgeben. Als Hochtonlautsprecher eignen sich die kleinen Spezialausführungen mit hart gelagerter Membran und Impedanzen über 10 Ω, während das Knackgeräusch bei Fernsprech-Hörkapseln dadurch entsteht, daß die Membran an die Polschuhe des Magnetsystems anschlägt. In beiden

Fällen ist jedoch eine für diesen Verwendungszweck typische Voraussetzung notwendig: Die Umschaltung muß schlagartig erfolgen, d. h., der vom Multivibrator abgegebene Rechteckimpuls muß steile Flanken haben. Bei üblichen Multivibratoren ist das aber nicht hinreichend der Fall. Deshalb wurde dieser Multivibrator noch durch eine Impulsformerstufe T 1 ergänzt, die für die nötige Flankensteilheit sorgt. Wenn man bei W einen Wecker, ein Relais oder eine Lampe einsetzt, ist die Flankensteilheit von untergeordneter Bedeutung. T 1 kann dann entfallen; der Minuspol von C 1 wird direkt mit dem Kollektor von T 3 verbunden.

R 1, R 2 und C 1, C 2 sind maßgebend für die Taktzeiten. Für ein symmetrisches Tastverhältnis soll C 1 = C 2 und R 1 = R 2 sein. Wird ein unsymmetrisches Tastverhältnis gewünscht (etwa kurze Signale mit längeren Pausen, mit Gleichstromwecker bei W als Beispiel), können diese Werte auch weitgehend variiert werden. Es sind dann Tastverhältnisse bis nahezu 1 : 100 erreichbar. Die Taktzeit könnte durch Verändern von R 1 und gleichzeitig R 2 geregelt werden, was aber ein Tandempotentiometer erfordern würde. In der Schaltung nach Bild 5.2. wurde daher eine Taktzeitregelung durch Ändern der Basisvorspannungen mit P 1 gewählt; diesen Regler kann man unmittelbar in Takte/min eichen. Bei der Anwendung als Metronom im Fernschreib- und Musikunterricht muß das Taktverhältnis exakt 1 : 1 sein. Um Einzelteildifferenzen auszugleichen, wurde deshalb P 2 vorgesehen, mit dem bei unveränderter Taktfrequenz das Taktverhältnis einstellbar ist. Wenn man die für den jeweiligen Zweck unwesentlichen Organe entsprechend den genannten Hinweisen fortläßt, so kann der Taktgeber noch vereinfacht und dem jeweiligen Verwendungszweck genau angepaßt werden.

Als Transistoren sind neben den angegebenen Typen auch alle datenähnlichen Typen der Reihe OC 810 ··· 822, 824 ··· 829, 870 ··· 872 und die preisgünstigen Bastlertransistoren zu verwenden, unter letzteren wird jedoch wegen der stark streuenden Kenndaten eine gewisse Aus-

wahl erforderlich sein. Zur Orientierung sind in Bild 5.2. unter den Transistoren noch die jeweils erforderlichen Mindestbelastbarkeiten angegeben.

5.3. Transistor-Lichtschranke mit Selbsthalteschaltung

Eine sehr einfache Transistor-Lichtschranke wurde bereits im ersten Teil beschrieben, weitere Hinweise zu diesem Thema sind in Band 28 dieser Reihe, „Elektronikschaltungen für Amateure", gegeben. Gerade bei Lichtschranken kommt es aber außer auf die geeignete Schaltung auch auf zweckentsprechende Gestaltung des Geräts an. Deshalb soll die vollständige Beschreibung einer ausgeführten Anlage folgen.

Bild 5.3. zeigt die Schaltung. Einfache Lichtschranken, wie die in Heft 20 beschriebene, haben den Nachteil, auf langsame Lichtänderungen mit einem langsamen Abfall des

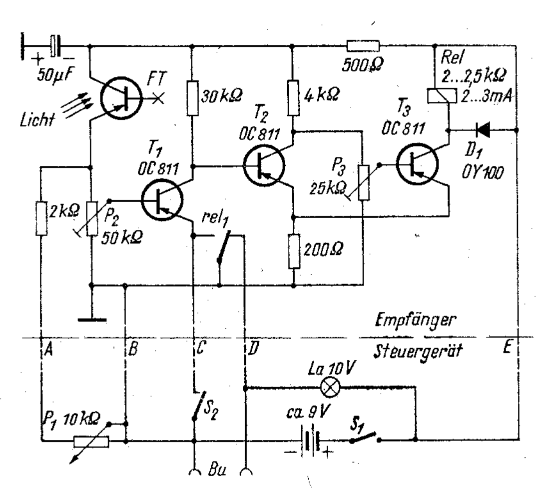


Bild 5.3. Schaltung einer Transistor-Lichtschranke mit Selbsthaltung. Das Gerät ist aus Bedienungsgründen in Empfänger und Steuergerät aufgeteilt

Relaisstroms zu reagieren, das Relais wird also „schleppend" und daher nicht immer zuverlässig geschaltet. Deshalb ist eine Schmitt-Trigger-Schaltung (T 2, T 3 in Bild 5.3.) vorteilhafter, die sich auch unter langsamen Lichtänderungen bei Erreichen eines definierten „Schwellwerts" durch plötzliche Umschaltung auszeichnet. Eine solche Anlage ist dann auch als „Dämmerungsschalter" zu verwenden.
Für das „Auge", das lichtempfindliche Organ, gibt es mehrere Lösungen. Fotowiderstände – wie in Heft 20 benutzt – sind zwar elektrisch sehr günstig, jedoch relativ kostspielig und nicht immer leicht zu beschaffen. Ähnliches gilt für Selen-Fotozellen. Für Amateurzwecke bewährt sich jedoch auch der „Fototransistor", der vom Amateur selbst improvisiert werden kann. Diese Lösung wurde in Bild 5.3. gewählt.
Die Kollektor-Sperrschicht eines jeden Transistors ist lichtempfindlich. Lichteinfall wirkt sich bei nicht angeschlossener Basis des Transistors in einem Ansteigen des Kollektorreststroms aus; deshalb müssen Transistoren im Normalfall lichtdicht verschlossen sein. Leider haben zur Zeit sämtliche Transistoren der DDR-Fertigung Metallgehäuse, so daß dem Licht nicht ohne weiteres Zugang zum Transistorkristall geschaffen werden kann. Einige Importtypen (z. B. OC 44, OC 45, OC 603, OC 604, OC 71) haben jedoch schwarz lackierte Glasgehäuse. Darum genügt es, den Lack mit azetonbefeuchteter Watte abzuwischen, um einen brauchbaren Fototransistor zu erhalten. Bei der in den Fotos gezeigten Anlage wurde dieser Weg gewählt. Es ist jedoch auch bei DDR-Transistoren der älteren ovalen Bauformreihe OC 810 · · · 823 mit etwas Geschick und Vorsicht möglich, auf der kollektorseitigen Schmalkante des Gehäuses ein etwa 2 mm großes Loch zu feilen, das dann sofort mit einem aufgeklebten Zellophanblättchen verschlossen wird. Als Kleber eignet sich Duosan, keinesfalls ein wasserhaltiger Kleber! Da der Kristall äußerst feuchteempfindlich ist, muß man in einem sehr trockenen Raum arbeiten und das Loch so schnell wie möglich wieder verschließen, wobei keine Atemluft eindringen sollte. Eine Schädigung

(„Vergiftung") des Kristalls ist trotzdem kaum zu vermeiden, und noch nach einigen Wochen kann der Fototransistor unbrauchbar werden. Für andere Zwecke läßt sich der Transistor dann nicht mehr verwenden. Immerhin ist dieser Weg, zu einem Fototransistor zu kommen, trotz des relativ großen Risikos durchaus gangbar, wenn die sehr preiswerten „Bastlertransistoren" benutzt werden. Vorzuziehen sind Exemplare mit nicht zu geringer Stromverstärkung und geringem Kollektorreststrom. In Bild 5.3. ist der Anschluß dieses Fototransistors FT erkennbar. Serienmäßig sind Fototransistoren in der DDR zur Zeit nicht erhältlich.
P 2 stellt den Empfindlichkeitsregler (Schwellwertregler) dar, mit dem die Anlage auf die vorhandene Lichthelligkeit eingestellt wird. Beim praktischen Einsatz ist es nicht günstig, diesen Regler oder andere Bedienungsorgane fest mit dem Lichtempfänger zu verbinden, da der Lichtempfänger im allgemeinen genau auf den auftreffenden Lichtstrahl ausgerichtet sein muß. Das gilt besonders, wenn dem Fototransistor eine Sammellinse zur Empfindlichkeitssteigerung vorgesetzt wird. Bei einer nachträglichen Betätigung des Reglers kann leicht der Empfänger verschoben werden, was sofort zur Auslösung der Lichtschranke führt. Deshalb wurden Empfänger und Steuergerät getrennt aufgebaut und über ein fünfadriges Kabel (Leitungen A bis E in Bild 5.3.) verbunden. Mit P 2 wird dann die Empfindlichkeit grob voreingestellt, ihm parallel liegt im Steuergerät P 1, mit dem die genaue Schwellwert-Feineinstellung nach dem Ausrichten der Lichtschranke erfolgt. Weitere Ausführungen zur Schmitt-Trigger-Schaltung übersteigen den Rahmen dieser Broschüre; darüber sind auch im „Elektronikbastelbuch" nähere Angaben zu finden. Mit dem Regler P 3 kann der Arbeitspunkt des Triggers (Umschaltverhalten) eingestellt werden. Die Einstellung ist nicht besonders kritisch, P 3 läßt sich auch durch zwei annähernd gleichgroße Festwiderstände (durch Versuch ausprobieren!) ersetzen. Im Kollektorstromkreis von T 3 liegt das Relais Rel, das etwa die angegebenen Daten haben muß. Es ist mit einer Dämp-

fungsdiode D 1 überbrückt, deren Zweck bereits in Abschnitt 5.2. erläutert wurde. Übrigens kann das Relais auch durch einen Festwiderstand von 2,5 kΩ ersetzt werden, falls man kein geeignetes Relais bekommt. Dann ist ein Transistorverstärker entsprechend den Stufen T 4 und T 5 in Bild 5.2. nachzusetzen. Das Relais, das jetzt eine kräftige Ausführung mit weitgehend beliebigen Daten sein kann, tritt dort an Stelle von W. Der Basiswiderstand für T 4 (Bild 5.2.) soll dann jedoch auf wenigstens 10 kΩ erhöht werden.

Solange auf FT Licht fällt (Bild 5.3.), führen T 1 und T 3 Strom, Rel ist also angezogen. Wird der Lichtstrahl unterbrochen oder unterschreitet einen mit P 1 und P 2 eingestellten Wert, so fällt Rel ab und legt seinen Kontakt rel 1 entsprechend in die im Bild gezeichnete Aus-Stellung. Der Kontakt trennt den Emitter des T 1 von Batterie-Plus, so daß T 1 stromlos bleibt und das Relais auch nach Wiedereinsetzen des Lichtstrahls nicht mehr zieht. Erst wenn man im Steuergerät Schalter S 2 – dem noch ein Druckknopf parallelliegen kann – schließt, zieht das Relais wieder an. Mit S 2 läßt sich also ein bestehender Alarm löschen, bzw. die Selbsthalteschaltung wird unwirksam. Bei geschlossenem S 2 bleibt Rel so lange abgefallen, wie der Lichtstrahl geschwächt oder unterbrochen ist, und zieht mit Einsetzen des Lichtes sofort wieder an. Der Ruhekontakt von rel 1 bringt beim Abfallen des Relais die Lampe La zum Leuchten, außerdem verbindet er die Buchsen Bu miteinander. Über diese Buchsen kann ein beliebiger äußerer Schaltvorgang (Alarmglocke, Zählwerk, elektrischer Auslöser für Fotokameras usw.) betätigt werden. S 1 ist der Hauptschalter der Anlage.

Als Stromquellen wurden beim Mustergerät zwei Flachbatterien verwendet. Wird die Anlage stationär benutzt, so ist mitunter für Dauerbetrieb (Einbruchsicherungen usw.) Netzspeisung günstiger, wobei sie auch bei Netzausfall funktionieren muß. Dann sind als Stromquelle vier bis fünf Trockenakkus je 2 V geeignet, die vom Netz ständig nachgeladen werden. Eine geeignete Schaltung, die man

gegebenenfalls zusammen mit den Kleinakkus im Steuergerät unterbringt, zeigt Bild 5.4. Die Aufladung erfolgt über einen Vorschaltkondensator 0,05 μF/500 V ~, der, kleiner und leichter als ein Trafo, keine Wärme entwickelt, was sehr vorteilhaft ist. Für die Gleichrichtung reichen vier kleine Flächengleichrichter OY 100 (D 1 bis D 4 in Bild 5.4.) aus. Der Vorschaltkondensator ist so bemessen, daß die

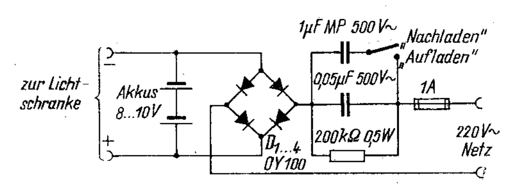


Bild 5.4. Lade- und Netzanschlußvorrichtung für die Lichtschranke nach Bild 5.3. Diese Schaltung kann sinngemäß auch für andere Transistorgeräte zum Dauerbetrieb am Netz verwendet werden

Nachladestromstärke gerade etwa dem Ruhestromverbrauch der Lichtschranke entspricht, die Akkus also praktisch nicht entladen werden. Ihre Haltbarkeit entspricht dann annähernd ihrer Lagerfähigkeit. Wenn es bei längerem Netzausfall einmal zur Entladung der Akkus kommt, so kann durch Zuschalten des 1-μF-Kondensators (MP-Becher-Kondensator für 500 V ~) für eine rasche Wiederaufladung der Akkus gesorgt werden. Die Netzanschlußvorrichtung (Bild 5.4.) läßt sich sinngemäß auch für andere zum Dauerbetrieb bestimmte Transistorgeräte benutzen. Die Geräte müssen dann jedoch wegen der direkten Netzverbindung des Ladegeräts vollständig berührungssicher aufgebaut werden (Starkstromgefahr!).

Bild 5.5. zeigt den Aufbau der Anlage. Links im Bild das Steuergerät mit den beiden Flachbatterien, den Schaltern S 1 und S 2 (dem ein Druckknopf „Alarm löschen" parallelliegt), der Lampe La und an der Schmalseite dem Regler P 1. In Bildmitte der in einem durchsichtigen Polystyrolgehäuse untergebrachte Lichtempfänger. Er wurde am Bo-

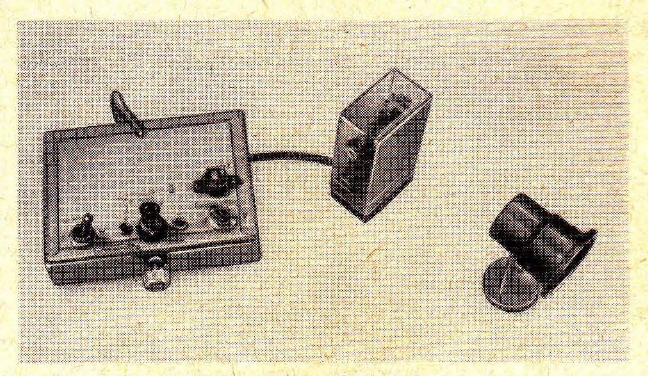


Bild 5.5. Aufbau der Lichtschranke nach Bild 5.3. Links das Steuergerät, in Bildmitte der Lichtempfänger, dem zur Lichtstrahlbündelung ein Fotoobjektiv (rechts) vorgesetzt ist

den mit Foto-Stativgewinde versehen und kann mit einem Foto-Klemmstativ („Baumschraube") überall in jeder beliebigen Lage befestigt werden. Bekanntlich ist eine bedeutende Reichweitensteigerung bzw. Verringerung der nötigen Lichtenergie für die Schranke erreichbar, wenn dem Fototransistor eine Sammellinse vorgesetzt wird, in deren Brennpunkt sich der Halbleiterkristall befindet. Das macht die Anlage unauffälliger und spart Batteriekapazität für die Schrankenlampe. Für das Gerät entsprechend Bild 5.5. wurde zu diesem Zweck ein Fotoobjektiv verwendet, noch günstiger, weil lichtstärker, sind einfache Lupen, Brenngläser usw. Durch die Bündelung des Lichtstrahls wird die Anlage dann gleichzeitig weitestgehend unabhängig von der Umgehungshelligkeit des Empfängers, besonders dann, wenn man den Fototransistor hinter einer Öffnung etwas vertieft montiert. Mit der gezeigten Anlage gelang es, mit einer einfachen, gutbündelnden Taschenlampe mit Infrarotfilter („unsichtbares Licht") bei Nacht reichlich 50 m, ohne Filter weit über 100 m zu überbrücken, selbst am hellen Tage war das noch über reichlich 30 m möglich. Exakte Justierung der Vorsatzlinse ist dabei entscheidend.

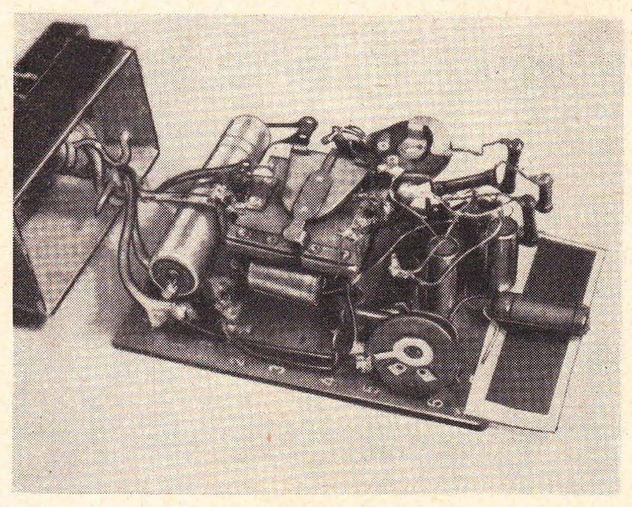


Bild 5.6. Aufbau des Lichtempfängers nach Bild 5.3.

Bild 5.6. zeigt den Aufbau des Lichtempfängers nach Bild 5.3. Das Gerät liegt auf der normalerweise der Lichtquelle zugekehrten Seite. Alle Einzelteile fanden auf einer Pertinaxgrundplatte Platz. Rechts im Bild (in Normalstellung oben) ist der mit einem schwarzen Klebeband festgelegte, bis auf die Eintrittsöffnung lichtdicht abgeschlossene Fototransistor zu sehen. Die Eintrittsöffnung vor dem Fototransistor wird durch ein nur reichlich 1 mm großes Loch in einer weißen Deckplatte gebildet. Diese hat den Zweck, die Justierung der Sammellinse zu erleichtern, da es sonst bei schwachem Licht oder großer Schrankenlänge unmöglich ist, den Brennpunkt genau einzustellen. Er wird jetzt auf der weißen Deckplatte dicht neben der Öffnung abgebildet und fällt dann durch geringes Verschieben des Empfängers in die Eintrittsöffnung. Derartige „Kleinigkeiten" sind beim praktischen Gebrauch solcher Geräte von entscheidender Wichtigkeit, werden aber oft übersehen.

Rechts vorn an der Platine ist P 2 sichtbar. Hinten liegt P 3, in der Mitte der Platte kann man das Relais – ein gerade vorhandenes kommerzielles Kleinrelais – erkennen.

5.4. Foto-Elektronenblitzgerät mit Transistoren

Wie viele Leseranfragen zeigten, besteht für den Bau eines leistungsfähigen Transistor-Elektronenblitzers großes Interesse. Im folgenden wird ein Gerät beschrieben, das sich auch für den anspruchsvollen Amateur und für den Berufsfotografen eignet. Die ausführliche Behandlung aller Details ist im Rahmen dieser Broschüre jedoch nicht möglich. Der weniger geübte Bastler findet ausführliche Bauhinweise in einer in Heft 7 und 8/1960 der Zeitschrift „funk amateur" vom Verfasser veröffentlichten Bauanleitung.

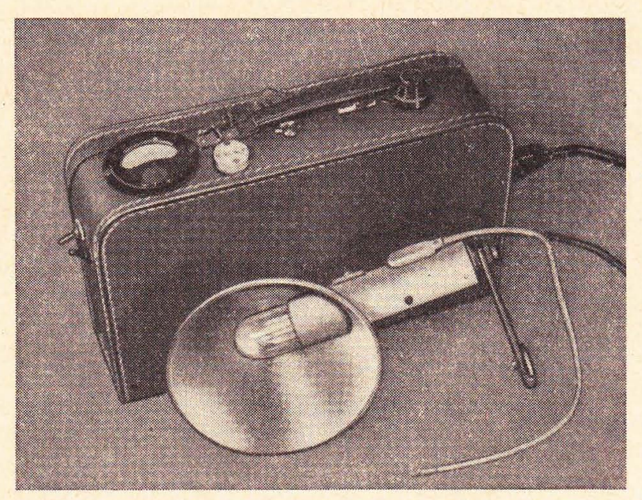


Bild 5.7. Foto-Elektronenblitzgerät. Im Koffer der Aufbau nach Schaltung Bild 5.8.; die Blitzlampe ist die im Handel erhältliche „B-70-Blitzgerät-Hauptlampe"

Bild 5.7. zeigt das fertige Gerät. Als Blitzlampe wird die bekannte Industrieblitzleuchte zum Gerät „B 70" („Hauptlampe B 70" vom VEB Elgawa Plauen/Vogtland) benutzt. Das Gerät hat eine umschaltbare Lichtleistung von 40/120 Ws (Vergleich: Blitzgerät „B 70" verfügt über eine Effektivleistung von etwa 40 Ws) und ist daher auch für Farbaufnahmen geeignet. Es schaltet nach vollendeter Kondensatoraufladung selbsttätig ab und hat ein Meßgerät zur Kontrolle des Ladezustandes der Blitzkondensatoren und der Batterie. In Bild 5.7. sind oben rechts vom Koffergriff der Leistungsumschalter, links das Meßwerk und eine kleine Steckdose zum Anschluß einer Pilotlampe (wertvoll zum Einstellen der Kamera bei schwachem Licht), an der linken Kofferseite der Batterieschalter und der Meßwerkumschalter sichtbar. Bild 5.8. zeigt die Schaltung. Aufgeladen werden die Blitzkondensatoren mit einer Transverterschaltung, die weitgehend der unter Abschnitt 4.1. (Bild 4.1.) beschriebenen entspricht und daher nicht näher erläutert wird. Der Trafo-Aufbau weist die gleichen Daten wie der dort genannte auf, L 3 bekommt 3300 Wdg. 0,12-CuL. Lediglich die Basis-Spannungsteilerschaltung ist im Hinblick auf die automatische Abschaltung etwas anders. Die Widerstände R 1 und R 2 sind mit den gleichnamigen in Bild 4.1. identisch, rel ist der Relaiskontakt. Während der Aufladung befindet er sich in der gezeichneten Stellung (Relais Rel stromlos). Sobald die Aufladung beendet ist, zieht das Relais; rel schließt dann Wicklung L 2 kurz und schaltet die Basisvorspannung über R 2 ab, so daß der Transverter stillgesetzt wird. Er nimmt nun nur noch den Kollektorreststrom für die Transistoren auf, der bei höchstens 2 bis 3 mA liegt. Sobald das Relais abfällt, wird R 2 wieder angeschaltet, und zwar nicht an Mitte, sondern an ein Ende der Wicklung L 2. Der entstehende Stromstoß in der unteren Teilwicklung von L 2 bewirkt dann ein zuverlässiges „Starten" des Transverters. Die Batterie ist ein 6-V-5-Ah-Bleiakkumulator (Fa. Quaiser, Dresden, Type EB). Der Pilotlichtanschluß führt auch bei abgeschaltetem Blitzer (S 1) Spannung und muß gegen mögliche Kurzschlüsse im Pilotlicht-

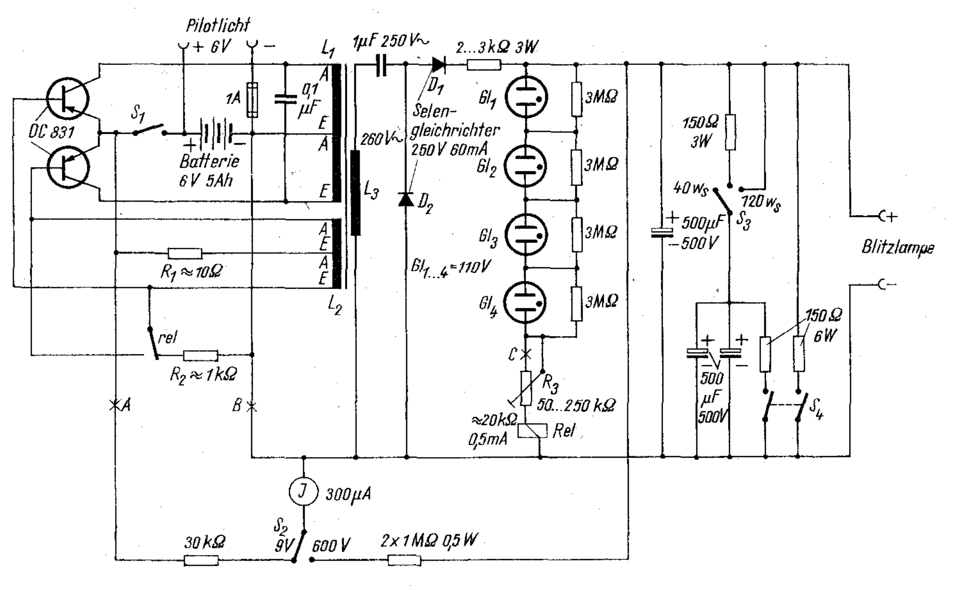


Bild 5.8. Schaltung des Blitzgerätes nach Bild 5.7.

kabel, die bei dem kräftigen Akku zu Brandschäden führen können, mit 1 A abgesichert werden.
Der Umschalter S 2 erlaubt über die entsprechenden Vorwiderstände eine Kontrolle des Ladezustandes der Batterie und der Blitzkondensatoren; am Instrument sind die Skalenpunkte für volle Ladung markiert. Das ist wertvoll, falls man bei Schnappschüssen oder Reportagen einmal vorzeitig abblitzen muß. Die bis dahin erreichte Leistung bzw. Leitzahl kann dann am Instrument abgelesen und berücksichtigt werden. Die am Lampenstab vorhandene Anzeigeglimmlampe ist für die Praxis zu ungenau. Das Instrument I soll einen möglichst geringen Eigenstromverbrauch haben ($\leqq$ 300 μA), da dieser bei Kontrolle der Blitzspannung einen nicht zu vernachlässigenden Verluststrom darstellt.
Die Hochspannung von L 3 (250 V~) wird mit einer Spannungsverdopplerschaltung (Delon-Schaltung mit D 1 und D 2) gleichgerichtet. Über einen Vorwiderstand werden die vorhandenen drei Blitzkondensatoren je 500 μF / 500 V aufgeladen. Sein Wert soll möglichst gering, jedoch nicht zu gering sein, da der Transverter sonst schwer anschwingt. Ein Kondensator ist ständig angeschlossen, für erhöhte Lichtleistung können über S 3 zwei weitere zugeschaltet werden. S 3 muß dabei unbedingt die Zwischenstellung mit dem 150-Ω-Widerstand haben, die beim Gebrauch mäßig schnell überschaltet wird. Es käme sonst bei plötzlicher Zuschaltung der ungeladenen Zusatzkondensatoren zum gegebenenfalls bereits geladenen Blitzkondensator zu einer schlagartigen Umladung. Der dabei entstehende Stromstoß würde zu einer explosionsartigen und äußerst gefährlichen Zerstörung des Schalters S 3 und der Leitungen führen. Es muß erwähnt werden, daß im Umgang mit den geladenen Blitzkondensatoren äußerste Vorsicht am Platze ist. Kurzschluß eines auch nur schwach geladenen Blitzkondensators führt in jedem Fall zu explosionsartigen Schäden, die zu starken Brandverletzungen führen können! Keinesfalls darf etwa ein abgeblitzter, nicht vollständig entladener Kondensator durch Kurzschließen mit dem Schraubenzieher oder ähnlichen Werkzeugen „entladen" werden! Es ist zu beachten,

daß auch nach Abblitzen an den Kondensatoren eine Restspannung von 80 bis 100 V stehenbleibt! Bei Eingriffen in das Gerät muß man daher zunächst den Sicherheitsschalter S 4 (im Innern des Geräts untergebracht) schließen und diesen während der gesamten Arbeitsdauer geschlossen halten. Im übrigen ist der gesamte Aufbau des Hochspannungsteils nach starkstromtechnischen Gesichtspunkten und mit sehr zuverlässiger Isolierung vorzunehmen. Das gilt ganz besonders für Lampenkabel und Steckverbindungen, die so gestaltet sein müssen, daß eine zufällige Berührung der unter Spannung stehenden Teile ausgeschlossen wird. Zweckmäßig benutzt man die Originalkupplungen des B-70-Geräts. Die Leitungen von den Blitzkondensatoren zu S 3 – einer Starkstromausführung mit großflächigen, stabilen Kontakten – und zur Blitzlampe sollen mit starkem Querschnitt (mindestens 2,5 mm^2 CuL) verlegt werden, um Lichtverluste zu vermeiden. Der Blitzstrom erreicht immerhin Werte von 50 bis 80 A! Die Blitzdauer dieses Geräts liegt je nach Leistung bei 1/300 bis 1/1000 s, die Aufladezeit bei knapp 10 s. Abgeblitzt werden kann bereits mit halber Spannung nach etwa 3 s. Dies gilt für 40 Ws Leistung.

Die automatische Abschaltung wurde so ausgelegt, daß bereits bei einem Spannungsrückgang um etwa 20 V die Nachladung erfolgt. Damit wird eine unter allen Umständen völlig konstante Lichtleistung gewährleistet, gleichgültig, wie lange das Gerät in „Wartestellung" verbleibt. Die hohe Schaltgenauigkeit erreicht man mit vier Glimmlampen Gl 1 bis Gl 4 nach dem Prinzip der „umgedrehten Glimmstrecken-Stabilisierung", über die nähere Einzelheiten in Band 28 dieser Reihe zu finden sind. Die Glimmlampen stellen kleine Prüfstiftlampen für je 110 V dar. Mit R 3 wird der Ansprechpunkt des Relais auf etwa 490 V eingestellt. Das Relais soll eine hochohmige Ausführung (etwa 20 kΩ) für maximal 0,5 mA Ansprechstrom sein. Da derartige Relais nicht immer zu bekommen sind, zeigt Bild 5.10. eine Zusatzschaltung mit einfacherem Relais. Schnellere Wiederaufladung insbesondere bei voller Leistung

kann erreicht werden, wenn man an Stelle der Transistoren OC 831 im Transverter die neuen 4-W-Transistoren OC 836 bis 838 verwendet. Für den Trafo ergeben sich dann folgende Windungszahlen: L 1 = 2 × 42 Wdg. 0,9-CuL, L 2 = 2 × 18 Wdg. 0,35-CuL, L 3 = 2300 Wdg. 0,12-CuL. Die Stromaufnahme aus der Batterie liegt jetzt bei maximal 2,8 A, die Aufladezeit verkürzt sich um etwa 75 Prozent und gestattet schnelle „Schußfolgen".

Bild 5.9. zeigt die Schaltung des Lampenstabes. Grundsätzlich ist der Selbstbau möglich, er bringt aber wegen des nicht ganz einfachen Aufbaus der Zündspule Z (die an die Blitzröhre abgegebene Zünd-Impulsspannung liegt bei etwa

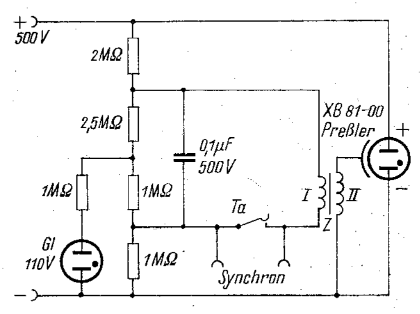


Bild 5.9. Schaltung eines zum Blitzgerät nach Bild 5.8. passenden Lampenstabes

20 kV) kaum Vorteile. Für die Zündspule Z läßt sich deshalb keine Bauvorschrift geben. Gut geeignet sind alte Induktionsspulen aus den Handgriffen alter „Hochfrequenz-Heilgeräte", wenn ihre zuoberst liegende Primärwicklung auf etwa den doppelten Wert erhöht wird. Im übrigen halte man sich beim Selbstbau etwa an die Anordnung der industriellen Lampenstäbe. Beste Isolierung ist oberstes Gebot.

Bild 5.10. zeigt eine Möglichkeit, ein einfacheres Relais für die automatische Abschaltung zu verwenden. In der Schaltung nach Bild 5.8. entfallen dann R 3 und das Relais Rel,

dafür wird bei A, B und C die Schaltung entsprechend Bild 5.10. angeschlossen.
Die genaue Abschaltspannung stellt man jetzt mit R 3 (Bild 5.10.) ein. Das Relais Rel fällt bei vollendeter Aufladung ab und zieht während der Ladung an, was beim Anschließen des Relaiskontaktes rel (Bild 5.8.) zu beachten

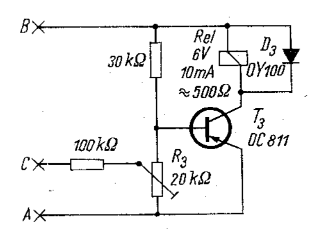


Bild 5.10. Zusätzliche Transistorschaltstufe für die automatische Abschaltung des Blitzgerätes nach Bild 5.8. Dadurch wird die Verwendung eines weniger empfindlichen Relais ermöglicht

ist. Transistor T 3 (OC 811 oder datenähnlicher Typ) muß eine hohe Stromverstärkung (mindestens 80 bis 90, möglichst über 100) aufweisen, das Relais soll wenigstens 500 Ω Wicklungswiderstand haben und bei etwa 5 bis 10 mA anziehen. Ist auch dieses Relais nicht verfügbar, so kann T 3 eine geringere Stromverstärkung haben. An Stelle des Relais (Bild 5.10.) tritt ein 500-Ω-Widerstand, der Emitter von T 3 wird mit der Basis eines zweiten Transistors (Typ OC 821) verbunden. Dessen Emitter kommt an Punkt A, zwischen seinem Kollektor und Punkt B liegt nunmehr das Relais mit Paralleldiode D 3. Das Relais kann dann eine beliebige 6-V-Ausführung mit wenigstens 40 bis 50 Ω Widerstand und etwa 0,1 A Ansprechstrom sein. Dafür genügen sogar unempfindliche Postrelais. Bild 5.11. zeigt den Innenaufbau des Blitzgeräts. Rechts unten sind der Akku, darüber das Meßwerk zu sehen, in Gerätemitte und links unten die drei Blitzkondensatoren vom Typ BV-G 7273 (Spezialkondensatoren vom VEB Kondensatorenwerk Gera), die den meisten Raum einnehmen. Links oben befindet sich der Transverter- und Hochspannungsteil nach Bild 5.8. Die Haltebleche der zwei Transistoren sind direkt unter dem Leistungsumschalter sichtbar. Unter ihnen sitzt verdeckt

der Trafo. In der Mitte des Zwischenbodens über den beiden unteren Blitzkondensatoren ist der Entladeschalter S 4 zu sehen.

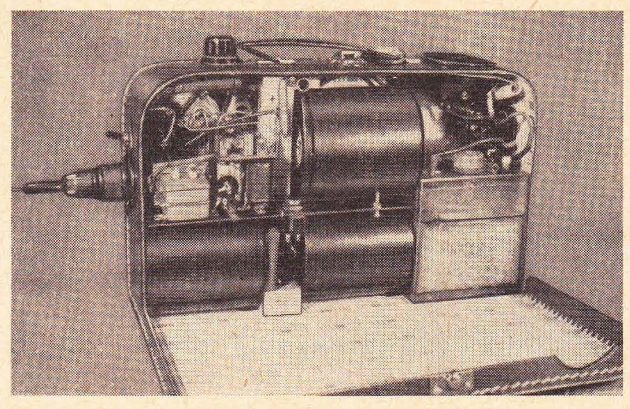


Bild 5.11. Innenaufbau des Blitzgerät-Koffers nach Bild 5.7. und 5.8. Rechts unten der Akku, links oben die Transvertereinheit, Koffermitte und links unten die Blitzgerät-Elkos vom Typ BV-G 7273 (Kondensatorenwerk Gera)

6. Interessante Sonderanwendungen von Transistoren

In diesem Abschnitt werden ein Metallsuchgerät sowie das Demonstrationsmodell eines Transistoroszillators mit geringstem Energiebedarf beschrieben. Das erstere dient zum Aufsuchen metallischer Gegenstände im Erdboden, in Mauerwerk oder dazu, unterirdische Leitungen zu verfolgen. Ähnliche Geräte werden in der Militärtechnik zur Minensuche benutzt. Sie sind wegen ihres Funktionsprinzips von allgemeinem Interesse.

6.1. Metallsuchgerät mit drei Transistoren

Ein Metallsuchgerät enthält fast immer eine Suchspule, die an einem Handgriff über die abzusuchende Fläche geführt wird. Kommt ein metallischer Gegenstand in das magnetische Feld dieser Suchspule – die meistens Bestandteil eines Oszillatorschwingkreises ist –, so verändert sich ihre Induktivität und damit die Oszillatorfrequenz. Im Gerät befindet sich ein zweiter, auf einer festen Frequenz schwingender Oszillator, dessen Schwingung nur wenig von der des „Suchoszillators" abweicht und mit ihr überlagert wird. Den entstehenden Überlagerungspfeifton (etwa 1 kHz) hört man mit Kopfhörern ab. Wenn man die Suchspule einem Metallgegenstand nähert, so ergibt das eine deutliche Änderung des Pfeiftons.
Bild 6.1. zeigt die Schaltung eines einfachen, zum Nachbau geeigneten Geräts. Die Suchspule war beim Mustergerät ein einfacher Ferritantennenstab 10 mm × 120 mm. T 1 bildet den Suchoszillator, der auf einer Frequenz von etwa 1 MHz schwingt. Der genaue Wert ist relativ unkritisch, er muß lediglich bis auf die für die Überlagerung erforderliche geringe Differenz mit dem Vergleichsoszillator T 2 übereinstimmen. Der Suchoszillator wird direkt mit der Suchspule

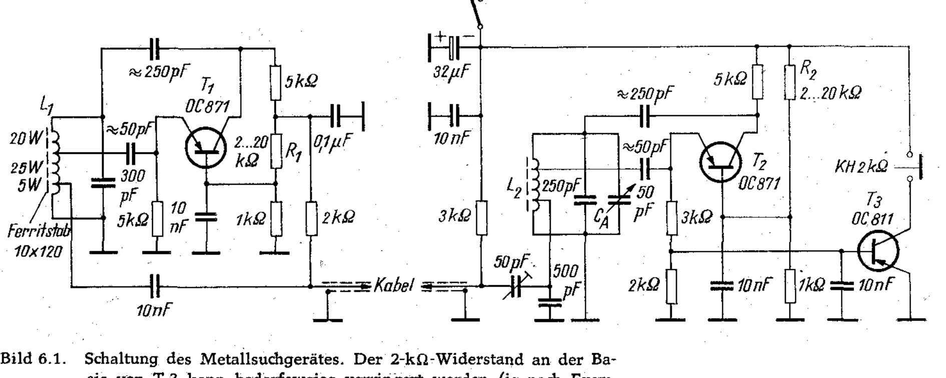


Bild 6.1. Schaltung des Metallsuchgerätes. Der 2-kΩ-Widerstand an der Basis von T 3 kann bedarfsweise verringert werden (je nach Exemplardaten von T 3)

zusammengebaut, zum Beispiel in eine kleine Kunststoff-Seifendose, an der der Ferritstab sitzt. Dieser muß statisch abgeschirmt werden, wie das auch für Fuchsjagd-Ferritpeilantennen bekannt ist (vgl. dazu die Hinweise in Abschnitt 1.3.). Der genaue Wert für R 1 und für die Koppelkondensatoren 50 pF und 250 pF hängt vom Transistor ab und wird durch Versuch ermittelt, ebenso – wenn nötig – die Anzapfung der Spule. Um den Aufbau des Suchoszillators zu vereinfachen, führt man die Betriebsspannung über das HF-Kabel zu, das die Schwingungen des Suchoszillators zum Hauptgerät leitet. Dafür eignet sich gut Antennen-Koaxialkabel.
Die Reichweite des Ferritstabs beträgt nur etwa 5 cm bis 10 cm, wodurch eine Unterscheidung auch dicht benachbarter Gegenstände und das genaue Verfolgen beispielsweise unter Putz verlaufender Leitungen möglich werden. Für Anwendungen nach Art der Minensuchgeräte, d. h. zum Auffinden größerer Objekte auf größere Entfernung, muß die Suchspule großflächiger ausgebildet werden und bekommt dann die Form einer großflächigen Leiterschleife etwa wie eine Rahmenantenne. Man kann eine derartige Suchspule durch Einfädeln von etwa 30 Wdg. HF-Litze in ein kreisförmiges Vinidurrohr mit etwa 30 cm Durchmesser erhalten. L 1 wird jetzt durch einen Topfkern ersetzt und die Suchspule parallel zu L 1 geschaltet. Die Kreiskapazität muß auf ungefähr 600 pF erhöht werden. Ausstrahlungen der Oszillatorfrequenz sind wegen der sehr geringen Leistung des Oszillators nicht zu befürchten.
Der zweite Oszillator mit T 2 ist dem ersten gleichartig. L 2 stellt eine Topfkernspule dar, deren Windungszahl insgesamt bei etwa 70 bis 80 liegt. Sie wird ebenso wie die Lage der Anzapfungen (als Anhalt können die Angaben für L 1 in Bild 6.1. dienen) durch Versuch ermittelt. Für R 2 und die Kondensatoren 50 pF und 250 pF gilt wieder das bei T 1 Gesagte. Die vom Suchoszillator kommende HF-Spannung wird über den 50-pF-Trimmer, der mit dem dahinter gegen Masse liegenden 500-pF-Kondensator einen Spannungsteiler bildet, in den Vergleichsoszillator einge-

koppelt. Den Trimmer stellt man dabei so ein, daß der Überlagerungston gerade gut zu hören ist, ohne daß der Suchoszillator den Vergleichsoszillator in der Frequenz „mitnimmt". Mit dem Abstimmungskondensator C_A kann die Schwebungsfrequenz verändert bzw. bei späterem „Weglaufen" eines Oszillators wieder auf den Sollwert von etwa 1 kHz gebracht werden. L 2 soll einen Abgleichkern haben. Es kommt beim Abgleich darauf an, die Frequenz des Vergleichsoszillators in Mittelstellung von C_A auf eine Frequenz einzustellen, die etwa 1 kHz neben der des Suchoszillators liegt, dessen Suchspule dabei *frei im Raum stehen* muß, T 2 arbeitet gleichzeitig als Mischtransistor und Demodulator. T 3 sorgt für eine – hier sehr einfach gehaltene – NF-Nachverstärkung. In seinem Kollektorkreis liegt der Kopfhörer KH. Das Hauptgerät mit T 2, T 3 und den Batterien wird an Schulterriemen getragen, als Handgriff für Suchoszillator und Suchspule eignet sich ein Besenstiel. Für die Batterien kommen zwei Flachbatterien in Frage. Ein Durchschlagen stärkerer Rundfunkstationen durch die Antennenwirkung der Suchspule, das auch nicht weiter stören würde, war beim Mustergerät nicht zu beobachten, obwohl das Gerät im Sender-Nahfeld eines nur etwa 50 kHz neben der Suchgerätfrequenz arbeitenden Mittelwellensenders getestet wurde.

6.2. NF-Generator mit „Sonnenbatterie"

Ein interessantes und sehr einfaches Demonstrationsmodell, dessen praktische Verwertung dem Einfallsreichtum des Bastlers überlassen bleiben mag, zeigt den erstaunlich geringen *Leistungsbedarf von Transistorschaltungen.* Nach Bild 6.2. läßt sich ein einfacher NF-Generator aufbauen, der schaltungsmäßig eine in Basisschaltung arbeitende Meißner-Schaltung darstellt. Die NF-Schwingung wird mit einem Hörer H nachgewiesen, der beim Mustergerät ein Klein-Ohrhörer des Typs KN 04 (VEB Meßgerätewerk Zwönitz) war. Ein normaler Kopfhörer erfüllt den gleichen Zweck.

Transistor und Übertrager Ü sind ebenfalls ganz unkritisch. Das Übersetzungsverhältnis des Übertragers soll bei etwa 1 : 3 bis 1 : 10 liegen, im Mustergerät wurde der Kleinstübertrager Typ 5 K 10 verwendet, wobei I die hochohmige,

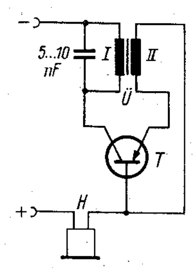


Bild 6.2.
Schaltung des Demonstrations-Transistorsummers. Das Versuchsmuster hatte einen Leistungsverbrauch von nur einem millionstel Watt

II die niederohmige Wicklung ist. Wenn der Transistor eine Stromverstärkung von wenigstens 35 bis 40 hat, läßt sich auch der „Sternchen"-Übertrager-Typ K 20 (Anschlüsse rot/weiß für I, grün/schwarz für II) oder K 21 (rot/grün für I, Lautsprecherwicklung für II) verwenden. Die richtige Polung ist auszuprobieren. Als Transistor reichte im Mustergerät schon ein wahllos herausgegriffener billiger „Bastlertyp 25 mW" mit einer Stromverstärkung von nur 12 aus. Alle Transistoren der Typenreihe OC 810 · · · 822, 824 bis 829, 870 · · · 872 sowie die entsprechenden „Bastlertypen" sind verwendbar. Das Mustergerät – das nicht etwa auf besonders geringen Leistungsbedarf „gezüchtet" war – benötigte zum Anschwingen nur 0,1 V, wobei die Stromaufnahme ganze 10 μA betrug! Das entspricht einer Leistungsaufnahme von nur 1 μW $= 10^{-6}$ W; im Hörer wird aber bereits ein recht kräftiger Summton hörbar. Der Kondensator an Wicklung I kann sogar auch noch entfallen, er ergibt lediglich einen saubereren, „melodischeren" Summton. Für die Stromversorgung dieses Miniatur-Summers ergeben sich nun einige originelle Möglichkeiten:
Zunächst kann der Summer mit einer „Sonnenbatterie" gespeist werden. Bild 6.3. zeigt diese Anordnung (rechts die „Sonnenbatterie", in Bildmitte der Kleinhörer, links im

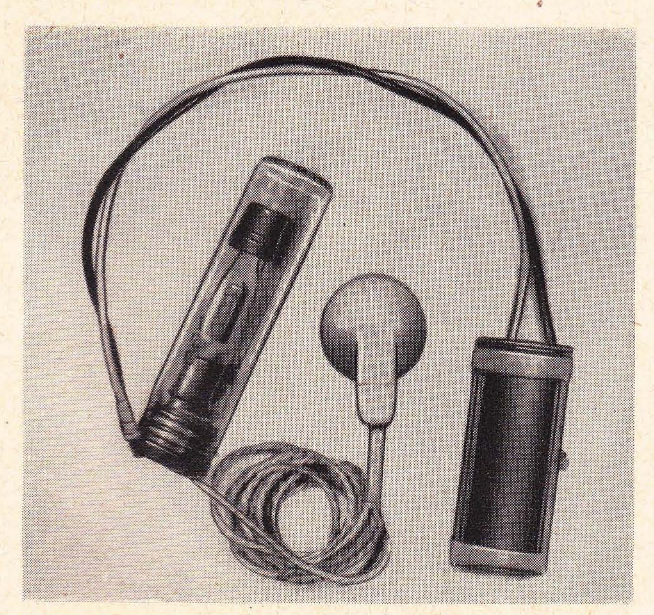


Bild 6.3. Das Gerät nach Bild 6.2., in diesem Fall mit einem Selen-Fotoelement (rechts im Bild) als „Sonnenbatterie". In Bildmitte der Kleinhörer. Der Transistorsummer (links) wurde in ein Tablettenröhrchen eingebaut

Glasröhrchen der Summer). Die „Sonnenbatterie" ist ein Selen-Fotoelement aus einem üblichen fotoelektrischen Belichtungsmesser. Bereits das Licht eines trüben Tages reicht zum Betrieb voll aus. Da die Lichtenergie unmittelbar in elektrische Energie umgesetzt wird, die – durch die Transistorschaltung „zerhackt" – die Hörermembran zu mechanischen Schwingungen anregt, ist gleichzeitig der experimentelle Beweis für die Tatsache erbracht, daß auch das Licht eine Energieform darstellt bzw. eine Kraftwirkung ausüben kann. Dieser mit „kosmischer Energie" gespeiste Generator wäre demzufolge unbegrenzt lebensfähig und würde – sich selbst überlassen – auch im kommenden

Jahrhundert noch fleißig summen, sofern er unter Lichteinwirkung steht.
Wie Bild 6.3. zeigt, wurde das Mustergerät in ein normales Tablettenröhrchen eingebaut. Bild 6.4. gibt eine weitere Betriebsmöglichkeit wieder. Als Stromquelle dient ein Apfel, in den als Elektroden ein Eisendraht und ein Kupferdraht (Kupfer = Pluspol) wenige Millimeter tief eingestochen wurden. Zusammen mit der Fruchtsäure bildet das

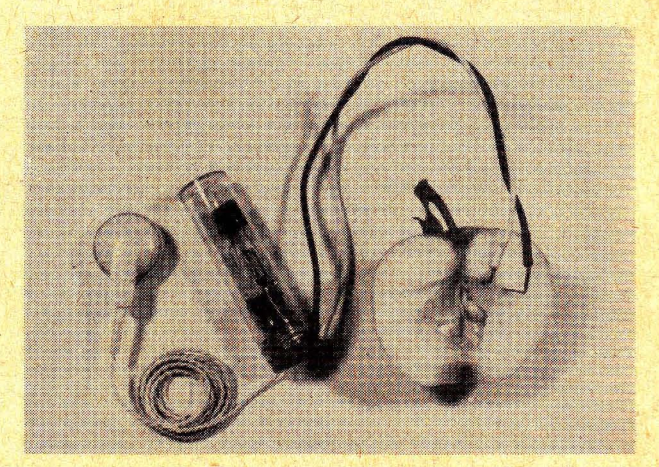


Bild 6.4. Der Transistorsummer nach Bild 6.2. Als „Batterie" ein aufgeschnittener Apfel, als Elektroden ein Kupfer- und ein Eisendraht. Der Summer eignet sich ganz allgemein für den Nachweis geringer Gleichspannungen

Ganze ein galvanisches Element, dessen geringe Energieabgabe bei weitem ausreicht. Eine Zitrone an Stelle des Apfels liefert bereits so viel Energie, daß der Summer kräftig zu schnarren beginnt. Weitere Möglichkeiten für „galvanische Elemente" sind Essigwasser oder Zitronenwasser, jeweils mit Kupfer und Eisen, besser noch Kupfer und Zink, als Elektroden. Verwenden wir eine Bleistiftmine als Pluspol und ein Zinkstück als Minuspol, dann genügt schon etwas Selterswasser.

Bild 6.5. zeigt den Aufbau des Mustergeräts. Als „Chassis" dient der zum Tablettenröhrchen passende Korkstopfen. Auf ihm stehen – mit einem Tropfen Duosan festgelegt – der Kleinübertrager Typ 5 K 10, darüber der kleine Kondensator und oben der Transistor. Einfacher ist der Aufbau kaum noch denkbar.

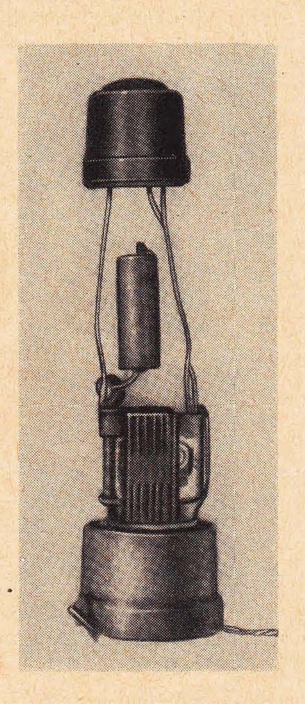
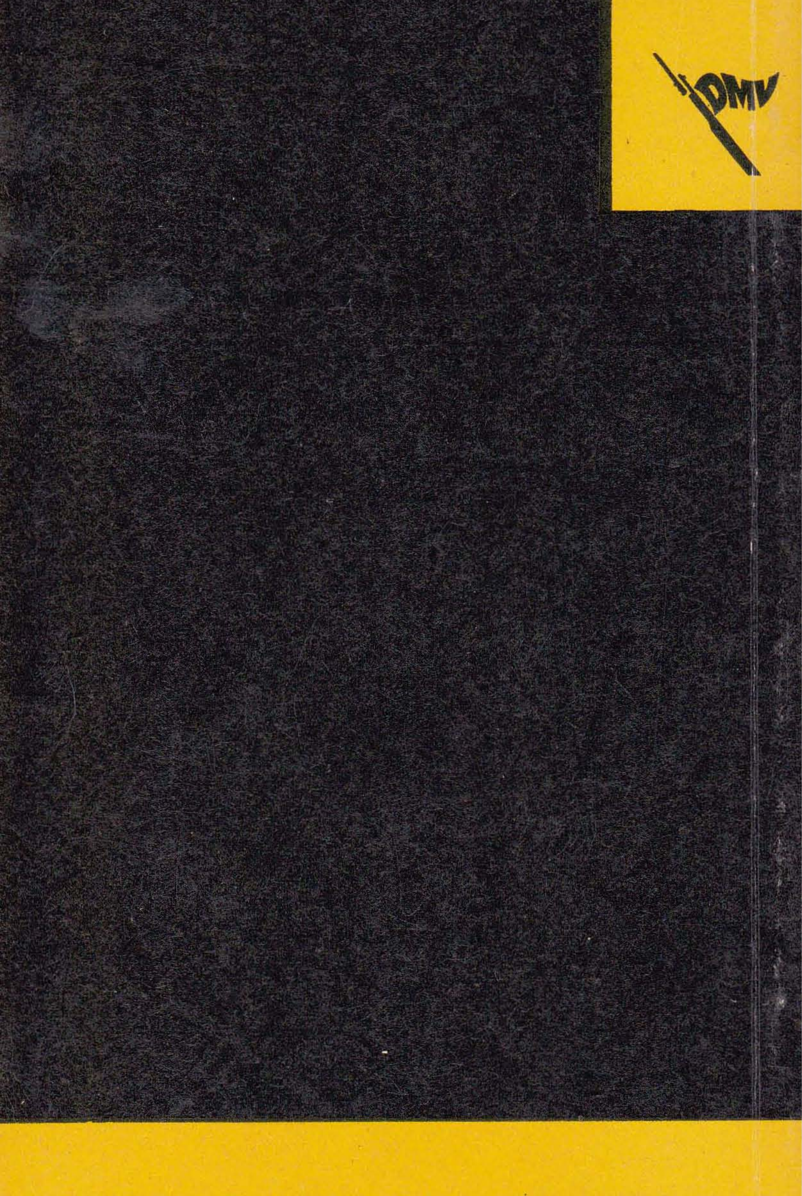


Bild 6.5.
Der Aufbau des Transistorsummers nach Bild 6.2. bis 6.4. erfolgte auf dem zum Tablettenröhrchen gehörenden Korkstopfen (unten). Darauf steht der Übertrager Ü – ein Kleinstübertrager Typ 5 K 10 –, über ihm der Kondensator, ganz oben der Transistor

Dieses kleine Demonstrationsmodell soll – wie alle in dieser Broschüre beschriebenen Schaltungen und Geräte – die Vielseitigkeit der Transistoren und die zahlreichen Möglichkeiten, die die moderne Halbleitertechnik auch dem Amateur bietet, zeigen.

Inhaltsverzeichnis



DEUTSCHER MILITÄRVERLAG